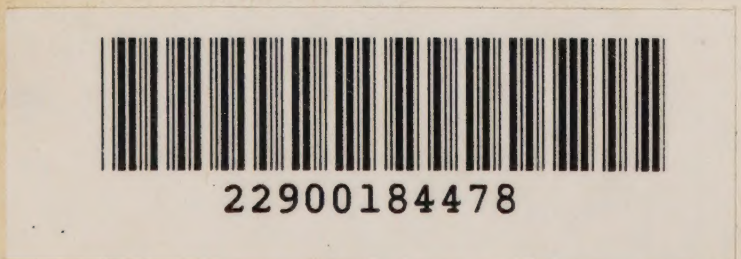
Zeitschrift
Z 1530



Digitized by the Internet Archive
in 2020 with funding from
Wellcome Library

https://archive.org/details/s2495id1379954

ZEITSCHRIFT

FÜR

RATIONELLE MEDICIN.

HERAUSGEGEBEN UND REDIGIRT

VON

Dr. **J. HENLE,**
Professor der Anatomie in Göttingen,

UND

Dr. **C. v. PFEUFER,**
Königl. Bair. Ober-Medicinalrath und Professor der speciellen Pathologie und Therapie und der medicinischen Klinik in München.

MED. KLINIK DER K. UNIVERSITÄT MÜNCHEN

Dritte Reihe. X. Band.

Mit acht Tafeln.

LEIPZIG & HEIDELBERG.
C. F. WINTER'SCHE VERLAGSHANDLUNG.
1861.

317311

WELLCOME INSTITUTE LIBRARY
Coll. welMOmec
Call No. Ser W1 1113

Inhalt des zehnten Bandes.

Erstes Heft.

Seite

Untersuchungen über die Verdauung der Eiweisskörper., No. III. Von Dr. *G. Meissner*, Prof. in Göttingen 1

Ueber Athmen im geschlossenen Raume. Von *G. Valentin* . . . 33

Beiträge zur Pneumatologie des Blutes. Von *J. Setschenow* aus Moskau. (Hierzu Tafel I.) 101

Angeborner Mangel beider Oberschenkelknochen. Von Prof. Dr. *Buhl*. (Hierzu Tafel II.) 128

Zweites Heft.

Mittheilungen aus dem chemischen Laboratorium des physiologischen Institutes zu Göttingen. Von Prof. *C. Boedeker* 153

Beiträge zur Kenntniss der Molekularstruktur thierischer Gewebe. Von *Wilhelm Müller* 173

Zur Frage ob die Lungenbläschen ein Epithelium besitzen oder nicht. Von Dr. *Deichler* 195

Die kernähnlichen Gebilde des Muskelprimitivbündels. Von Dr. *Ph. Steffan*. (Hierzu Tafel III. u. IV.) 204

Die kernähnlichen Gebilde der quergestreiften Muskelfaser und die Frage nach der Existenz eines plasmatischen Gefässsystems der Muskeln. In Gemeinschaft mit Herrn Stud. med. *A. Jahn* untersucht von Dr. *H. Welcker*, Professor in Halle. (Hierzu Tafel V.) 238

Ueber das Wachsen der quergestreiften Muskeln nach Beobachtungen am Frosch. Von Dr. *August Weismann* in Frankfurt a. Main. (Hierzu Tafel VI. u. VII.) 263

Pneumatologische Notizen. Von Dr. *Setschenow* in Petersburg . . 286

Zur Anatomie der Steissdrüse. Von *W. Krause* 293

Drittes Heft.

Ueber den Bau der Retina des Frosches. Von Dr. *Wilhelm Manz* in Freiburg. (Hierzu Tafel VIII.) 301

Ueber das Lymphgefässsystem. Von Dr. med. *C. Meder*, pr. Arzt zu Altenkirchen 323

Beiträge zur Druckempfindlichkeit der Haut. Von Privatdocenten Dr. *R. Dohrn* in Kiel 339

Ueber die Identität des Stylo-auricularis (Hyrtl 1840) mit einer Varietät des Caput auriculare m. styloglossi (mihi 1854) und Duverney's Priorität der Entdeckung (1749). Von *Wenzel Gruber* in St. Petersburg 368

Untersuchungen über die Verdauung der Eiweisskörper.

Nro. III.

Von

G. Meissner.

(Fortsetzung der gleichnamigen Untersuchungen Nro. I. und II. im VII. u. VIII. Bande dieser Zeitschrift.)

Die beiden Eiweisskörper, deren Veränderungen durch die Einwirkung von verdünnter Salzsäure und Pepsin, so wie durch einige andere Einwirkungen, in dieser zweiten Fortsetzung meiner Untersuchungen über die Verdauung der Eiweisskörper beschrieben werden sollen, sind das Syntonin und das Casein. Zuvor muss ich bemerken, dass bei einem Theile auch dieser Untersuchungen mein Assistent, Herr L. Thiry, mich unterstützte und viele meiner Versuche zur Controle wiederholte.

Zuerst vom Syntonin. Das Material für die zahlreichen dem Folgenden zum Grunde liegenden Untersuchungen wurde auf ein und dieselbe Weise aus einer einzigen grösseren Portion Fleisch gewonnen, so dass alle Versuche mit der gleichen Substanz angestellt werden konnten. Sechs Pfund bestes Ochsenfleisch, von Fett und Bindegewebe möglichst befreiet, wurden fein gehackt und mit kaltem Wasser unter oft wiederholter Erneuerung desselben und starkem Auspressen so lange extrahirt, bis das Wasser völlig farblos, neutral und klar ablief und nur sehr geringe Spuren noch von Eiweiss enthielt. Von Fäulniss war keine Spur zugegen, wie denn sich diese Extraction ziemlich rasch beendigen lässt, wenn das Fleisch möglichst fein zerhackt ist und gehörig ausgepresst wird. Sodann wurde das farblose Fleisch mit Salzsäure von

0,1 % HCl bei niederer Temperatur extrahirt. Von Zeit zu Zeit wurde das Extract durch dichte Leinwand abgeseihet (denn Filtration dauert viel zu lange) und durch neue Salzsäure von gleicher Concentration ersetzt. Das saure Extract wurde dann mit Ammoniakflüssigkeit genau neutralisirt, wobei sich das Syntonin in dicken weissen Flocken ausschied, von welchem eine ganz wasserhelle Flüssigkeit rasch abfiltrirte. Auf dem Filter bildete das Syntonin nach dem Auswaschen die bekannten cohärenten Massen, die sich als Ganzes herunterstreifen lassen. Möglichst zerkleinert wurde dann das Syntonin mit absolutem Alkohol unter häufigem Umschütteln extrahirt, was zweckmässig 24 Stunden lang fortgesetzt wird. Endlich wurde das durch Pressen vom Alkohol befreiete Syntonin mit Aether extrahirt, wobei es, wenn alle vorhergehenden Manipulationen gehörig ausgeführt wurden, gewöhnlich zu einem feinen Pulver zerfällt. Nach Entfernung des Aethers bildete das trockne Syntonin fast weisse, schwach gelb-graue Flocken, die sich im Mörser leicht zu dem feinsten staubartigen Pulver zerreiben lassen. Dasselbe zieht übrigens Feuchtigkeit an und verlor, einige Zeit aufbewahrt, bei 100 ° etwa 10 bis 15 % an Gewicht. Der so in ansehnlicher Menge dargestellte Körper bildete das Material für die folgenden Versuche.

Der künstliche Magensaft war wie bei den Versuchen mit Hühnereiweiss zusammengesetzt und enthielt 0,2 % HCl. Wenn die verdauende Einwirkung vollständig beendet ist, so ist die Lösung opalisirend, wie die entsprechende des Albumins, dabei aber schwach gelblich; ihr Ansehen unterscheidet sich nicht von dem einer reinen salzsauren Syntoninlösung.*) Wird die saure Verdauungslösung mit Kali- oder Natronlauge neutralisirt, so fällt, schon bevor die Reaction genau neutral ist, ein Körper in ansehnlicher Menge aus, welcher feine nicht ganz weisse Flocken bildet. Man darf, obwohl die Ausfällung schon etwas früher beginnt, bis zu vollständig neutraler Reaction sättigen, der Körper ist in reinem Wasser, so wie in neutralen Lösungen von Chlorkalium oder Chlornatrium durch-

*) Das trockne wie oben angegeben dargestellte Syntonin löst sich in 0,2 % Salzsäure allein nur sehr langsam bei der Temperatur von 40 °, auffallend viel schneller unter Mitwirkung des Pepsins. Um eine Portion Syntonin in Salzsäure allein zu lösen, welche unter übrigens gleichen Umständen in 18 Stunden verdauet wurde, bedurfte es vieler Tage. Da nun das Syntonin so rasch durch verdünnte Salzsäure aus dem Fleisch extrahirt wird, also das ursprüngliche Syntonin der Fleischfaser so leicht löslich ist in verdünnter Salzsäure, so wird man jenes rein dargestellte Syntonin wohl als das Analogon des durch Hitze coagulirten Albumins gegenüber seinem ursprünglichen leicht löslichen Zustande zu betrachten haben.

aus unlöslich. Dieser Körper ist das Parapepton des Syntonins, ganz entsprechend dem Parapepton des Albumins: es ist auch hier kein unverdaueter Rest des ursprünglichen Syntonins, sondern ein anderer Körper, der durch Spaltung des Syntonins entsteht, aber allerdings, wie auch das Parapepton des Albumins, der Muttersubstanz sehr ähnlich. Das Syntonin-Parapepton erleidet durch fortgesetzte Einwirkung eines an sich gut wirksamen Magensaftes keine weitere Veränderung. Von seinem übrigen Verhalten soll unten noch die Rede sein.

Die neutrale vom Parapepton abfiltrirte Flüssigkeit ist, wenn die Verdauungslösung einigermassen concentrirt war, nicht absolut wasserhell, sondern ein wenig opalisirend: der Verdacht, es möchte dies von Spuren nicht ausgefällten Parapeptons herrühren, erwies sich als ungegründet. Aber diese neutrale Lösung verhält sich nicht so einfach, wie ich nach meinen bisherigen Erfahrungen am Albumin vermuthete; sie enthält nämlich nicht nur das Syntonin-Pepton, sondern daneben noch in ungefähr gleicher Menge einen zweiten Körper, der mit dem gleichen Recht, wie das Pepton, ein Eiweisskörper genannt werden muss, kurz noch zwei weitere nächste Spaltungsproducte des Syntonins. Während der eine derselben, wie bemerkt, durchaus dem Albumin-Pepton entspricht (nicht gleich ist), und somit auch den gleichen Namen tragen muss, brauchen wir für den andern Körper eine neue Bezeichnung, können aber dazu nicht die beim Casein*) für eines seiner Spaltungsproducte schon eingeführte Benennung Dyspepton verwenden, aus Gründen, die unten zur Sprache kommen werden, und ich bezeichne jenen neuen Körper daher vorläufig als Metapepton, als zugleich mit dem Pepton in der neutralen Lösung vorhanden. Das Metapepton fällt aus dieser Lösung in feinen fast körnigen Flocken, wenn man dieselbe mit verdünnter Salzsäure oder Essigsäure ganz schwach ansäuert, aber so, dass die Menge der freien Säure jedenfalls unter 0,1% bleibt. Sobald man etwas zuviel Säure zufügt, löst sich das Metapepton schnell wieder auf, und ist es an der einen oder andern der beiden sehr nahe liegenden Gränzen des Säuregrads, bei dem das Metapepton unlöslich wird, so ist die Flüssigkeit nur trübe. Ich habe es bisher versäumt, die Menge der freien Säure zu bestimmen, bei deren Gegenwart das Metapepton unlöslich ist, was später nachgeholt werden

*) Vorläufige Mittheilung über die Spaltung des Caseins bei der Verdauung in den Verhandl. d. naturf. Gesellsch. in Freiburg. Juli 1859.

soll. Es versteht sich nach dem Angeführten von selbst, dass es ziemlich schwer ist, das Metapepton ganz vollständig auszuscheiden, und ein anderes Mittel, das Metapepton vom Pepton auf indifferente Weise zu trennen, fand ich bisher nicht. Gelang es, den Punkt des Ansäuerns richtig zu treffen, so läuft von dem Metapepton eine nun absolut wasserhelle Flüssigkeit ab, welche eine, zwar nicht von sogenannten Extracten, aber von anderen Eiweisskörpern, von anderen nächsten Abkömmlingen des Syntonins reine Peptonlösung ist.

Das Syntonin wird durch Einwirkung der Chlorpepsinwasserstoffsäure in drei amorphe stickstoffreiche Körper gespalten, welche alle drei noch gewisse, den Eiweisskörpern characteristische Reactionen besitzen. Zwei dieser Spaltungsproducte sind im Wasser löslich, Pepton und Metapepton; das dritte, Parapepton, ist im Wasser unlöslich. Zunächst will ich das Verhalten dieser drei Körper näher beschreiben.

Die sehr schwach saure reine Peptonlösung, aus welcher das Metapepton vollständig entfernt wurde, kann genau neutralisirt und in jedem Verhältniss mit verdünnten und concentrirten Säuren, concentrirter Salpetersäure, Salzsäure, Schwefelsäure gemischt werden, ohne dass eine Trübung oder Niederschlag entsteht. Ebenso ist das Pepton in Alkalien leicht löslich. Aus der obigen neutral gemachten Lösung wird das Pepton durch absoluten Alkohol gut und vollständig ausgeschieden, doch gebraucht man dazu so viel Alkohol, dass es besser ist, die neutrale Lösung zuvor einzuengen: wurde sämmtliches Metapepton vorher ausgefällt, so bleibt die Peptonlösung beim Eindampfen ganz klar. Das Pepton ist schneeweiss, löst sich sehr leicht wieder in kaltem und heissem Wasser, und in dieser ganz reinen Lösung, welche neutral reagirt, untersucht man das Verhalten zu Reagentien am Besten. Gerbsäure, Quecksilberchlorid, salpetersaures Silber, salpetersaures Quecksilberoxydul fällen das Pepton. Mit Millon's Reagens unter gehörigem Luftzutritt gekocht, färben sich die Flocken schön roth. Schwefelsaures Kupfer, welches keine überschüssige Säure enthalten darf, tropfenweise zugesetzt, fällt das Pepton aus neutraler Lösung, aber der Niederschlag löst sich sehr leicht im Ueberschuss des Reagens. Basisch-essigsaures Bleioxyd fällt das Pepton ebenfalls, und wenn der Niederschlag nicht sofort gut sich abscheidet, so geschieht dies nach einer kleinen Weile oder unmittelbar nach dem Aufkochen. Blutlaugensalz fällt auch das Pepton aus nicht zu schwach mit Essigsäure angesäuerter Lösung unter tropfenweisem Zusatz. Die concentrirten Säuern bewirken,

wie schon bemerkt, keine Fällung, und ebensowenig concentrirte Lösungen der Alkali- und Erdsalze.

Das Metapepton, durch Essigsäure in oben angegebener Weise aus der wässerigen Lösung gefällt, ist ebenfalls fast weiss. Es löst sich weit schwerer im Wasser, als Pepton, und um eine nicht allzu verdünnte Lösung zu erhalten, ist es besser, dem Wasser ein Wenig Alkali zuzusetzen und dieses wieder zu neutralisiren. Die neutrale Metapeptonlösung ist immer schwach opalisirend und schäumt stark. Aus dieser Lösung wird das Metapepton durch alle die Körper gefällt, welche auch das Pepton fällen, ebenso theilt es mit diesem das Verhalten zu Millon's Reagens; durch schwefelsaures Kupferoxyd und durch Blutlaugensalz wird es leichter, d. h. ohne besondere Cautelen gefällt. Zur Fällung mit Blutlaugensalz muss man so stark mit Essigsäure ansäuern, dass das zuerst herausfallende Metapepton wieder in vollständige Lösung geht. Ausser jenen Reagentien aber, die auch das Pepton fällen, wird das Metapepton auch durch concentrirte Mineralsäuren gefällt (natürlich abgesehen von der Ausfällung durch verdünnte Säuren im Betrag von weniger als 0,1 %). Diese Niederschläge durch concentrirte Säuren lösen sich leicht im Ueberschuss der Säure und können wohl übersehen werden, wenn man nicht tropfenweise zusetzt. Concentrirte Salzsäure und Schwefelsäure bewirken diese Lösung im Ueberschuss leichter, als concentrirte Salpetersäure, welche letztere für alle Fälle das beste Reagens auf die Anwesenheit von Metapepton in neutraler Lösung ist.

Die ursprüngliche, vom Parapepton abfiltrirte neutrale Lösung des Peptons und Metapeptons wird durch alle die Reagentien gefällt, welche einen der beiden Körper fällen, jedoch fällt basisch-essigsaures Blei ausserdem (abgesehen vom Chlorblei) noch andere Körper, Extractivstoffe, und mit Millon's Reagens tritt neben der Eiweiss-Reaction auch die Hoffmann'sche Tyrosin-Reaction auf. Alkohol fällt beide, Pepton und Metapepton aus ihrer ursprünglichen Lösung. Wenn man diese letztere auf dem Wasserbade einengt, so wird sie trübe und scheidet zuletzt auch Flocken aus: diese rühren vom Metapepton her, welches sich nur schwer in vielem Wasser löst, und dessen Ausscheidung bei einem äusserst kleinen und deshalb zu geringen Gehalt an freier Säure durch Erhitzen befördert wird. Doch ist jene Ausscheidung des Metapeptons beim Eindampfen der Lösung immer nur eine unvollkommene. Das Metapepton kann durch Magensaftverdauung nicht in Pepton verwandelt werden: ich

habe den Körper für sich allein 48 Stunden mit frisch bereitetem Magensaft bei 40° C. digerirt, ohne dass er dabei sein Verhalten änderte; und bei dieser Gelegenheit mag auch noch angeführt werden, was mit Rücksicht auf unten mitzutheilende Beobachtungen nicht unwichtig ist, dass eine Lösung von Metapepton mit verdünnter Salzsäure 3 Stunden lang gekocht sich ebenfalls nicht veränderte.

Was nun endlich das Parapepton des Syntonins betrifft, so ist dieser Körper zunächst von den beiden anderen Spaltungsproducten streng unterschieden durch seine Unlöslichkeit im Wasser auch beim Kochen und dadurch, dass er aus schwach saurer Lösung durch concentrirte Lösungen neutraler Alkalisalze, Chlornatrium, Chlorkalium, Jodkalium, Salpeter, nicht aber durch Chlorbarium und salpetersauren Baryt, gefällt wird. Dies ist genau das Verhalten auch des Albumin-Parapeptons, und es erhebt sich auch hier die Frage, ob der durch jene Salze gefällte Körper reines Parapepton sei, oder eine Verbindung mit Säure, eine Frage, auf die ich in Nro. II. dieser Untersuchungen zurückkommen musste, die aber hier nicht weiter erörtert werden soll. — In verdünnten Säuren und Alkalien löst sich das Syntonin-Parapepton leicht, wird aber durch die concentrirten Mineralsäuren gefällt und löst sich im Ueberschuss derselben, leichter in concentrirter Salzsäure und Schwefelsäure, als in Salpetersäure. Gerbsäure, schwefelsaures Kupferoxyd, Blutlaugensalz, basisch-essigsaures Blei, salpetersaures Quecksilberoxydul fällen das Parapepton, und mit Millon's Reagens entsteht die Eiweiss-Reaction. Absoluter Alkohol bewirkt in der möglichst schwach sauren reinen Parapeptonlösung keine Fällung, dagegen entstand in der möglichst schwach alkalischen Lösung mit absolutem Alkohol Trübung. Kocht man Syntonin-Parapepton im Wasser einige Zeit, so wird es für verdünnte Säuren schwerer löslich.

Was die quantitativen Verhältnisse betrifft, in denen die drei Spaltungsproducte des Syntonins auftreten, so kann ich vor der Hand nur für das Parapepton einerseits, anderseits die beiden anderen Körper zusammen genaue Angaben mittheilen, weil eine besondere Bestimmung des Peptons oder Metapeptons bisher noch nicht ausgeführt wurde. Zur Gewichtsbestimmung der in Verdauung gegebenen trocknen Substanz wurde eine andere kleine Probe bei 110° getrocknet und aus deren Gewichtsverlust die trockne Substanz der lufttrocken gewogenen verdauten Masse berechnet. Die Ausscheidung des Parapeptons geschah durch Neutralisation,

Pepton und Metapepton zusammen wurden durch Alkohol ausgefällt. *)

Bei einer ersten Bestimmung waren 2,400 Grm. trocknes Syntonin in 400 CC. Magensaft verdauet. 100 CC. enthielten (unter Abzug des Chlorkalium)

0,257 Gr.	Pepton + Metapepton
0,100 Gr.	Parapepton
0,224 Gr.	Extractivstoffe und Salze
0,581 Gr.	

Hieraus ergiebt sich, dass 100 Theile Syntonin lieferten 44,2 % Pepton + Metapepton und 17,2 % Parapepton. Das Uebrige, sehr erheblich, nämlich 38 %, bildeten neben den nicht mit jenen Spaltungsproducten verbundenen Mineralbestandtheilen andere organische Substanzen, sogenannte Extractivstoffe, worunter auch etwas Fett, auf welche ich zurückkomme. Eine zweite Bestimmung bei einem anderen Verdauungsversuch ausgeführt, bestätigte jene vollkommen. 2,135 Grm. trockenes Syntonin waren in 400 CC. Magensaft verdauet. 100 CC. enthielten 0,240 Grm. Pepton + Metapepton, 0,096 Grm. Parapepton und 0,190 Grm. übrigen festen Rückstand. Hieraus ergeben sich wiederum für 100 Syntonin nahezu 45 % Pepton + Metapepton, und nahezu 18 % Parapepton. Von den übrigen 37 % waren etwas über 25 organische Substanz. Das Verhältniss des Parapeptons zu der Summe von Pepton und Metapepton ist

$$= \frac{1}{2,5} - \frac{1}{2,6}.$$

Was die Menge des Metapeptons betrifft, so ist dieselbe keinesweges etwa unbedeutend, so dass der Körper gegenüber dem Parapepton und Pepton vernachlässigt werden dürfte; nähere Angaben behalte ich mir vor, ich schätze die Menge auf nahezu wohl die gleiche, wie die des Peptons.

Die Auffindung des im Wasser schwer löslichen Metapeptons neben dem Syntonin-Pepton, eines Körpers, der in verdünnten Lösungen wohl übersehen, d. h. mit dem Pepton verwechselt werden kann, musste mich veranlassen, meine

*) Es lässt sich einer Verdauungslösung von Syntonin nicht ansehen, wann sämmtliches Syntonin verdauet, gespalten ist, denn die Lösung erfolgt vorher. Man kann aber bei einiger Uebung sehr gut aus der Beschaffenheit des bei der Neutralisation entstehenden Niederschlages erkennen, ob Alles verdauet ist, ob der Niederschlag reines Parapepton ist, oder ob noch das in dicken weissen gallertigen Flocken sich abscheidende Syntonin beigemischt ist.

bisherigen Untersuchungen über die Verdauung anderer Eiweisskörper einer Revision zu unterwerfen, um zu sehen, ob nicht auch vielleicht bei der Spaltung dieser ein dem Syntonin-Metapepton entsprechender Körper auftritt. An das Casein wandte ich mich zunächst, schon deshalb, weil ich vor Allem wissen musste, ob das dem Casein bis dahin eigenthümliche Spaltungsproduct, welches ich Dyspepton genannt habe, etwa jenem dritten Körper aus dem Syntonin entsprechen möchte, was freilich von vorn herein in Anbetracht der Löslichkeitsverhältnisse beider nicht wahrscheinlich war. Es ergab sich bald, dass auch das Casein bei der Verdauung durch Magensaft ein Metapepton liefert, und somit muss ich meine bisher nur vorläufig in den Verhandlungen der naturforschenden Gesellschaft in Freiburg gemachten Angaben über die Verdauung und Spaltung des Caseins vervollständigen, was jetzt geschehen soll, indem ich die Untersuchungen über das Casein überhaupt hier im Zusammenhang mit den übrigen anreihe. —

Das für die Versuche verwendete Casein wurde aus abgerahmter Kuhmilch dargestellt, indem entweder mit Essigsäure gefällt, dann das Casein mit Wasser gründlich ausgewaschen, mit absolutem Alkohol darauf und endlich mit Aether extrahirt wurde; oder auch indem nach Rochleder die Milch mit Schwefelsäure gefällt, das Casein in kohlensaurem Natron gelöst, vom sich abscheidenden Fett abgezogen, und diese Behandlung, Fällung und Lösung, mehrere Male wiederholt wurde. Auch bei dieser Darstellung wurde zuletzt mit Aether extrahirt. Für möglichste Entfettung des Caseins musste aus unten erhellendem Grunde besonders Sorge getragen werden, und so wurde denn das Casein zuletzt mehrere Male mit frischen Portionen Aether behandelt oder auch im Aetherextractionsapparat längere Zeit extrahirt. Ich erhielt so eine schneeweisse, äusserst fein pulverige, staubartige Masse, mit welcher die Versuche ausgeführt wurden. Der Magensaft wurde bereitet aus Salzsäure von nur 0,1 % HCl und wässriger Lösung von Pepsin. Der geringere Gehalt an freier Säure für die Verdauung des Caseins, gegenüber dem für Albumin und Syntonin bestimmten Magensaft, ist wichtig: der wahrscheinliche Grund dafür wird sich unten ergeben. Die Digestion des Caseins bei 40° C. geschieht vortheilhaft in dem Dampf eines Wasserbades, weil man unter Umständen gewisse augenfällige Veränderungen der Flüssigkeit, sichtbare Verdauungsvorgänge, zu beobachten hat.

Unter bestimmtem Mengenverhältniss zwischen Casein, Magensaft und darin enthaltenem Pepsin wird das Casein bei

der Digestion zunächst in verhältnissmässig kurzer Zeit vollständig aufgelöst zu einer gelblichen schwach opalisirenden Flüssigkeit, die vollständig und leicht durch ein dichtes Filter abläuft. Ganz dasselbe geschieht, wenn man unter gleichen Mengenverhältnissen Casein nur mit verdünnter Salzsäure von 0,1 % unter den gleichen Umständen digerirt. Jene erste Wirkung des künstlichen Magensaftes ist lediglich Wirkung der verdünnten Salzsäure, und es lässt sich dann aus beiden Lösungen unverändertes Casein wieder ausfällen durch Neutralisation. Doch will ich hiermit nicht behauptet haben, dass die Auflösung des Caseins durch verdünnte Salzsäure in der Wärme gar keine tiefer eingreifende Wirkung ausübe, denn ich habe darüber bisher noch keine besondern Untersuchungen angestellt, die mit Rücksicht auf das in Nro. II. dieser Untersuchungen p. 282 u. f. vom Albumin Mitgetheilte, so wie mit Rücksicht auf einige unten mitzutheilende Thatsachen in Zukunft nöthig sein werden. Jedenfalls ereignen sich in der Caseinlösung mit reiner Salzsäure nicht die Veränderungen, welche alsbald in der Magensaftlösung zu constatiren sind. Diese Flüssigkeit beginnt nämlich bei fortdauernder Digestion in der Wärme nach einiger Zeit gallertig zu werden, was so weit gehen kann (bei günstig getroffenen Mengenverhältnissen), dass man den Kolben umstürzen kann, ohne dass ein Tropfen ausfliesst, und die ganze Masse sich wie eine dünne erkaltete Leimmasse verhält. Dieser Zustand geht bald vorüber, indem die Masse beginnt sich wieder zu verflüssigen, wobei aber nun nicht Alles wieder in Lösung geht, sondern gleichzeitig eine stets stärker werdende Trübung eintritt, bis man nach einiger Zeit eine farblose, schwächer als vorher opalisirende Lösung vor sich hat, in welcher ein voluminöser, sehr feinflockiger Niederschlag in wolkigen, beim Schütteln sich sogleich vertheilenden Massen suspendirt ist. Sobald diese Scheidung in die fast klare Lösung und den wolkigen, specifisch leichten Niederschlag vollendet ist, ist überhaupt der Process der Verdauung durch den Magensaft beendet, das Casein ist vollständig in eine Anzahl von Körpern gespalten, und nun verändert sich die Lösung und der Niederschlag durch weiter fortgesetzte Einwirkung des Magensaftes nicht mehr.

Keinesweges immer, bei jeder beliebigen Mischung des Verdauungsversuchs kommen die eben beschriebenen Vorgänge so deutlich und zeitlich so scharf getrennt zur Beobachtung. Ist die Menge des Caseins im Verhältniss zum Magensaft geringer, so bildet sich keine vollständige Gallert, die Flüssig-

keit wird nur mehr oder minder dickflüssig. Das Pepsin scheint, wenn in grösserer Menge zugesetzt, seine Wirksamkeit früher beginnen zu können, als bis die Salzsäure vorerst alles Casein aufgelöst hat. Dann kann ungelöstes am Boden liegendes Casein zugleich mit jener zuletzt auftretenden Trübung und mit dem sich daraus entwickelnden schwimmenden Niederschlage vorhanden sein. Auch kommt es darauf an, dass das Pepsin gut wirksam sei, und die Wirksamkeit desselben kann sich beim Aufbewahren sehr leicht ändern; endlich darf auch die Menge des Pepsins natürlich nicht zu gering sein. Ich kann noch keine bestimmten Angaben über die berührten Verhältnisse machen und habe es selbst noch nicht in der Gewalt, jene Mischung sicher so zu treffen, dass obige Erscheinungen sich in der angegebenen Weise beobachten lassen. Aber das Endresultat der Verdauung des Caseins, wenn sie vollständig beendet ist, ist immer wie angegeben, die schwach opalisirende Lösung mit dem wolkigen suspendirten Niederschlage, und dies Endresultat kann sehr rasch erreicht sein, im günstigsten Falle nach Verlauf von $2^1/_2$ bis 3 Stunden, nimmt aber oft auch mehr Zeit in Anspruch. Bemerkenswerth aber ist jedenfalls, dass das Casein durch Digestion mit künstlichem Magensaft bei günstigen Mengenverhältnissen aller Theile viel rascher verdauet werden kann, als Albumin und Syntonin: hieraus wird ein Schluss auf die Verdauung im Magen erlaubt sein.

Jener wolkige Niederschlag ist ein Eiweisskörper, eines der Spaltungsproducte des Caseins, und zwar dasjenige, welches ohne Analogon bei der entsprechenden Spaltung des Albumins und Syntonins ist, ich habe diesen Körper Dyspepton genannt. Von diesem Dyspepton lässt sich die Lösung, vorausgesetzt, dass die Scheidung ganz vollendet ist, ziemlich leicht abfiltriren, und das Dyspepton lässt sich mit Wasser rein waschen. In der abfiltrirten, schwach opalisirenden sauren Lösung sind nun nicht, wie ich früher angab, nur zwei, sondern drei weitere Spaltungsproducte des Caseins, nämlich die drei Körper, welche dem Pepton, dem Parapepton und dem beim Syntonin aufgefundenen Metapepton entsprechen, und welche wir daher auch mit den gleichen Namen bezeichnen. —

Neutralisirt man die saure Lösung vorsichtig mit Aetzkali oder Natron, so fällt das im Wasser unlösliche Parapepton heraus, und zwar in äusserst feinen staubartigen Theilchen, die sich nur langsam zu Boden setzen und eine starke milchige Trübung der Flüssigkeit bedingen. Scheinbar, wegen der

äusserst feinen Vertheilung, ist die Menge des Parapeptons erheblich, hat man den Körper aber auf dem Filter gesammelt, so erkennt man, dass die Menge in Wahrheit verhältnissmässig gering ist. Es ist sehr schwer, bei der Neutralisation der sauren Lösung es so richtig zu treffen, dass das Parapepton sich vollständig abscheidet und nicht zum Theil nur eine solche Trübung bedingt, die mit durch's Filter geht. Die geringste Menge Säure oder Alkali löst das im Ausfallen begriffene Parapepton sehr leicht wieder auf, und die Abscheidung des Casein-Parapeptons ist weit schwieriger zu bewerkstelligen, als die des Albumin- und Syntonin-Parapeptons. Dazu kommt noch, dass man beim Casein-Parapepton nicht öfters hin und her ansäuern und wieder sättigen darf, wenn man auf diesem Wege das Parapepton überhaupt noch vollständig auszufällen wünscht, weil der dabei entstehende geringe Salzgehalt der Lösung dies verhindert, worauf ich zurückkomme.

Ist das Parapepton vollständig ausgefällt, so fliesst eine neutrale wasserhelle Flüssigkeit ab, in welcher das Pepton und das Metapepton des Caseins gelöst ist. Nur wenn diese Lösung einigermassen concentrirt ist, opalisirt sie in geringem Grade. Wenn man diese Lösung mit Essigsäure oder einer anderen verdünnten Säure nach und nach ansäuert, so scheidet sich das Metapepton in zarten weissen Flocken und in ansehnlicher Menge ab. Zur vollständigen Abscheidung dieses Körpers aus nicht zu concentrirter Lösung bedarf es eines Gehalts an freier Säure, der mehr als 0,1 % beträgt, eines höheren Gehalts, als zur Abscheidung des Syntonin-Metapeptons nothwendig ist, und in der Verdauungslösung des Caseins mit 0,1 % HCl ist das Metapepton gelöst nicht durch Mehrgehalt, sondern wegen Mindergehalt an freier Säure, als der Unlöslichkeit des Metapeptons entspricht, während das Syntonin-Metapepton in der Verdauungslösung mit 0,2 % HCl durch einen Mehrgehalt an freier Säure, als seiner Unlöslichkeit entspricht, gelöst wird. Offenbar beruhet es auf jenem Umstande, dass das Casein besser verdauet wird durch einen weniger sauren Magensaft. Uebrigens rührt die Opalescenz der sauern Lösung des verdaueten Caseins von dem Metapepton her. Ist die Menge der freien Säure in einer Metapeptonlösung zu gering, um die vollständige Abscheidung zu bedingen, so unterstützt dies die Erhitzung der Flüssigkeit, während umgekehrt bei einem Mehrgehalt an freier Säure das Erhitzen das Wiederauflösen des Metapeptons unterstützt: in einem gewissen Ueberschuss an Säure löst sich das Metapepton leicht wieder

auf. In allen diesen Verhältnissen gleicht das Casein-Metapepton durchaus dem Syntonin-Metapepton, von dem das ähnliche Verhalten oben angegeben ist. Auch ist das Casein-Metapepton schwer löslich im Wasser und scheidet sich beim Eindampfen der Lösung, besonders wenn diese eine Spur freier Säure enthält, zum Theil flockig aus. Auch ist weiter das Verhalten des Metapeptons des Caseins zu den concentrirten Mineralsäuern dasselbe, wie das des Syntonin-Metapeptons. Concentrirte Salpetersäure, Salzsäure und Schwefelsäure tropfenweise zugesetzt, fällen zuerst das Metapepton, lösen aber leicht im Ueberschuss wieder auf, besonders leicht Salzsäure und Schwefelsäure. Dies Verhalten zeigt auch die das Metapepton noch enthaltende Lösung des Peptons, und wenn ich früher angab, dass concentrirte Salzsäure in jener (damals für reine Peptonlösung gehaltenen) Lösung überhaupt keine Fällung bewirke, so beruhet dieses wahrscheinlich nur darauf, dass der bei einem gewissen Gehalt an Säure entstehende Niederschlag sich so leicht wieder löst. Alkohol, Gerbsäure, schwefelsaures Kupferoxyd (tropfenweise zugesetzt), Quecksilberchlorid, basisch-essigsaures Bleioxyd, salpetersaures Quecksilberoxydul fällen das Metapepton aus neutraler Lösung. Blutlaugensalz fällt aus essigsaurer Lösung. Mit Millon's Reagens tritt die Eiweissreaction ein. Neutrale Alkalisalze fällen das Casein-Metapepton nicht.

Das Casein-Pepton ist viel leichter löslich im Wasser, als das Metapepton, ebenso bei jedem Gehalt an Säure, wird auch nicht gefällt durch die concentrirten Mineralsäuern. Im Uebrigen zeigt das Casein-Pepton zu den vorher genannten Reagentien dasselbe oder wenigstens ähnliches Verhalten, wie das Metapepton. Beide Körper zugleich werden durch absoluten Alkohol gefällt. —

Somit hat es nun allerdings den Anschein, nach den angegebenen Löslichkeitsverhältnissen und Reactionen zu urtheilen, als ob das Pepton und Metapepton des Caseins den entsprechenden Spaltungsproducten des Syntonins nahezu gleich seien: ich will mich aber vor der Hand noch ausdrücklich dagegen verwahren, die Identität der beiderlei Körper auch nur angedeutet zu haben, denn ganz abgesehen von dem Ergebniss zukünftiger Elementaranalysen halte ich noch eine ganz sorgfältige unmittelbare Vergleichung jener Körper für nothwendig, zu der ich durch das bisherige nur die Aufforderung gegeben sehe. Der Grund, weshalb ich es vor der Hand aufschieben konnte, dieser Aufforderung zu entsprechen, ist der, dass meine Aufmerksamkeit zunächst durch wichtiger erscheinende

Fragen, die unten zur Sprache kommen, in Anspruch genommen wurde.

Was das Casein-Parapepton betrifft, so ist zunächst bemerkenswerth, wie gering die Menge desselben im Verhältniss zu den übrigen Spaltungsproducten und zum ursprünglichen Casein ist, gegenüber der bedeutenden Menge Parapepton des Eiweisses und des Syntonins. Die sehr feinen Flöckchen des durch Neutralisation ausgefällten Casein-Parapeptons bilden auf dem Filter stets eine so dünne festhaftende Schicht, dass man meist diesen Körper auf dem Filter in Lösung bringen muss. Wie das Parapepton des Albumins und Syntonins ist das Parapepton des Caseins in reinem Wasser ganz unlöslich, dagegen löst es sich leicht in verdünnter Salzsäure, Essigsäure und anderen Säuren, so wie in Alkalien. Die schwach saure Lösung ist opalisirend. Alkohol fällt das Parapepton aus möglichst schwach saurer Lösung nicht, dagegen Alkohol und Aether. Ob das auf diese Weise Gefällte reines Parapepton ist oder eine Verbindung desselben mit der Säure, wie ich früher meinte, muss ich jetzt, ebenso wie die analoge Frage beim Albumin-Parapepton, weiteren Untersuchungen anheimstellen. (Vergl. Nro. II. dieser Untersuchungen p. 300 u. 301.) In allen diesen Verhältnissen stimmt das Parapepton des Caseins mit den Parapeptonen des Albumins und Syntonins überein.

Eigenthümlich ist das Verhalten des Casein-Parapeptons zu Lösungen von Chlornatrium und Chlorkalium (andere neutrale Alkalisalze wurden bisher noch nicht geprüft). Setzt man zu der salzsauren Lösung des Casein-Parapeptons, in welcher z. B. mit Aetzkali 0,1 % Salzsäure angezeigt wird, concentrirte Kochsalzlösung, so entsteht ein starker feinflockiger Niederschlag, welcher, auf einem Filter gesammelt und abgepresst, in reinem Wasser löslich ist, welches dabei saure Reaction annimmt. Deshalb hielt ich früher diesen Niederschlag nicht für Parapepton, sondern für salzsaures Parapepton, eine Annahme, deren Richtigkeit ich aber deshalb jetzt als zweifelhaft betrachten muss, weil der Niederschlag möglicherweise so viel Säure mechanisch zurückhalten könnte, dass sich mit Hülfe dieser das Parapepton im Wasser löst. (Vergl. Nro. II. dieser Untersuchungen p. 301.) Im grossen Ueberschuss von Kochsalzlösung löst sich jener Niederschlag wieder auf. Ebenso ist das Verhalten, wenn die ursprüngliche Parapeptonlösung nur 0,05 % HCl enthält. Ist aber der Säuregehalt noch merklich geringer, so bewirkt concentrirte Kochsalzlösung keine Fällung mehr, und vorher giebt es Säuregrade, bei denen die Ausfällung durch Kochsalzlösung schwerer geschieht

und auch die Lösung im Ueberschuss leichter, so dass es wahrscheinlich einen Säuregrad giebt, bei dem nur ein ganz bestimmter Procentgehalt der Lösung an Kochsalz Fällung bedingt. Aus sehr stark saurer Lösung wird übrigens das Parapepton durch Kochsalz auch nicht gefällt. In jedem Falle aber handelt es sich bei der Ausfällung des Parapeptons aus schwach saurer Lösung immer um relativ grosse Procentmengen von Chlornatrium oder Chlorkalium. Aus schwach alkalischer Lösung wird das Parapepton durch Kochsalz nicht gefällt, und das durch Neutralisation der Säure ausgefällte Parapepton wird durch Kochsalzlösung wieder gelöst. Während das Casein-Parapepton als solches in reinem Wasser unlöslich ist, fällt dasselbe aus neutraler Flüssigkeit, die einen gewissen geringen Gehalt an Kochsalz oder Chlorkalium hat, nicht aus. So ist z. B. die sehr kleine Salzmenge, die entsteht, wenn man die 0,1 % freie Säure enthaltende Magensaftlösung des Casein-Parapeptons mit Natronlauge neutralisirt, hinreichend, um zu bedingen, dass bei genau neutraler Reaction das Parapepton nicht ganz vollständig ausfällt. Dieser kleine Kochsalzgehalt bewirkt, dass das Parapepton erst ganz vollkommen ausfällt, wenn ein sehr geringer Grad von Alkalescenz erreicht ist, und je grösser, innerhalb enger Grenzen, jener kleine, bei der Neutralisation entstehende Salzgehalt ist (also je saurer bis zu gewissem Grade der Magensaft war), desto grösser muss diese gewisse geringe Menge freien Alkalis sein, wenn das Parapepton ausfallen soll. Dies hat aber alsbald seine Grenze; denn übersteigt diese so bedingte Menge freien Alkalis eine gewisse, noch immer sehr geringe Grösse, so fällt das Casein-Parapepton gar nicht mehr aus, und nun lässt sich aus dieser Lösung das Casein-Parapepton überhaupt nicht mehr auf jene Weise fällen, sondern es bleibt (abgesehen von anderen Fällungsmitteln) nur übrig, die Lösung wieder anzusäuern bis etwa zu 0,1 % freier Säure und dann mit concentrirter Kochsalzlösung zu fällen. In den eben berührten Verhältnissen ist die Schwierigkeit begründet, das Parapepton aus der Verdauungslösung vollständig auszufällen, wenn man ein Mal den richtigen Punkt der Reaction überschritten hat, wie oben erwähnt wurde. Besonders hervorheben muss ich noch, dass die Kochsalzmengen, welche bei den zuletzt besprochenen Vorgängen als Lösungsmittel in Betracht kommen, so zu sagen Grössen niederer Ordnung sind gegenüber den Kochsalzmengen, welche das Parapepton, vielleicht als salzsaures, fällen. In letzterem Falle handelt es sich um mehrere Procente, im ersteren um einige Zehntelprocente und weniger.

Was das Verhalten des Casein-Parapeptons zu den gewöhnlichen Fällungsmitteln für Eiweisskörper betrifft, so wird es aus schwach saurer Lösung durch Gerbsäure, Quecksilberchlorid, basisch-essigsaures Bleioxyd, rothes und gelbes Blutlaugensalz, salpetersaures Quecksilberoxydul gefällt. Keine Fällung wurde beobachtet durch schwefelsaures Kupferoxyd und durch die drei concentrirten Mineralsäuren, Salpetersäure, Salzsäure, Schwefelsäure. Mit Millon's Reagens tritt die Eiweissreaction ein. —

Endlich nun das letzte, vierte Spaltungsproduct des Caseins ist das sogenannte Dyspepton, nach den bis jetzt gewonnenen Erfahrungen dem Casein eigenthümlich. Ist die saure Lösung des Parapeptons, Peptons und Metapeptons abfiltrirt, so bleibt auf dem Filter ein voluminöser, schön weisser Körper zurück, der mit Wasser gewaschen und abgepresst, eine fast durchscheinende, seifenartige, zusammenhängende, brüchige Masse bildet. Die Eigenthümlichkeit des Körpers lässt sich am Besten mit dem Ansehen einer feinen weissen Seife vergleichen, nur dass solche fester ist. Das Dyspepton, wie die anderen Spaltungsproducte den Eiweisskörpern im Allgemeinen zuzurechnen, ist im Wasser und Alkohol ganz unlöslich. Digerirt man den Körper mit absolutem Alkohol in der Kälte oder auch mässig lange mit kochendem Alkohol, so hat sich an dem gut abgepressten Dyspepton nichts verändert. Der Alkohol hinterlässt, wenn man mit möglichst entfettetem Casein arbeitete, nur sehr kleine Spuren von Rückstand. Schüttelt man jenen seifenartigen Körper aber, nach der Behandlung mit absolutem Alkohol, kurze Zeit mit reinem Aether, so fällt alsbald statt jenes Körpers ein höchst fein pulverförmiger gelblicher Körper zu Boden, und im Aether befindet sich eine im Verhältniss zu den vorgenommenen Entfettungen des Caseins wenigstens auffallende Menge eines in Nadeln krystallisirenden neutralen Fettes, welches in kaltem Alkohol zwar unlöslich, in heissem Alkohol aber leicht löslich ist, obwohl es durch diesen nicht extrahirt werden konnte. Gewiss ist es, dass das ursprüngliche Dyspepton seine eigenthümliche seifenartige Beschaffenheit der Beimengung dieser kleinen Menge Fettes verdankt, und dass dieses Fett wenigstens so innig dem Eiweisskörper beigemengt sein muss, dass heisser Alkohol, der dieses Fett leicht löst, dasselbe nicht in der Zeit extrahiren kann, in welcher solche Fettmengen, die als Unreinlichkeit anhaften, sonst grösstentheils wenigstens extrahirt werden können. Ich habe, wie oben hervorgehoben, viel Sorgfalt angewendet, um das Casein zuvor möglichst von

beigemengtem Fett zu befreien, und ich darf glauben, mit sehr reinem Material gearbeitet zu haben: niemals aber habe ich das Dyspepton anders, als eben beschrieben, erhalten. War das Casein nicht so sorgfältig vom anhaftenden Fett befreiet, so gab sich solches Fett immer deutlich als dem Dyspepton-Niederschlage ansitzende gelbliche Massen zu erkennen, während die Beschaffenheit des Dyspeptons wie sonst war. Auch war bei nicht so sorgfältiger Entfettung des Caseins die zuerst entstehende vollständige Lösung in Salzsäure stets trübe, während im entgegengesetzten Falle diese Lösung zwar opalisirend, aber nicht trübe war, so dass jenes zuletzt aus dem Dyspepton zu erhaltende Fett sich bis dahin ganz der Beobachtung entzieht. Ob dennoch dieses Fett nur eine sehr fest haftende Verunreinigung des Caseins ist, muss durch weitere Untersuchungen entschieden werden: mir ist es nicht wahrscheinlich.

Das vom Fett befreiete Dyspepton kann leicht zu einer gelblichen, fein pulvrigen Masse getrocknet werden. Mit verdünnter Essigsäure oder Salzsäure bei mässiger Wärme digerirt, quillt der Körper zu einer farblosen voluminösen Gallert auf, welche sich erst in mässig concentrirten Säuern auflöst. Während also das Dyspepton in verdünnten Säuern sehr schwer löslich ist, löst es sich in verdünnter Kali- und Natronlauge leicht auf und wird aus dieser Lösung durch Neutralisation wieder als Pulver gefällt. Aus der essigsauren Lösung wird das Dyspepton gefällt durch Gerbsäure, absoluten Alkohol, Blutlaugensalz, schwefelsaures Kupferoxyd, Quecksilberchlorid, salpetersaures Silberoxyd, salpetersaures Quecksilberoxydul, durch concentrirte Salzsäure, Salpetersäure, Schwefelsäure, in deren Ueberschuss der Niederschlag sich wieder löst. Die Eiweissreaction mit Millon's Reagens tritt ein.

Was die Mengenverhältnisse betrifft, in denen die vier Spaltungsproducte aus dem Casein entstehen, so kann ich darüber hier nur unvollständige Angaben vor der Hand machen, denn einmal wurde, wie auch beim Syntonin, die Menge des Metapeptons noch nicht bestimmt, sondern nur die Summe vom Pepton und Metapepton, und zweitens kann ich auch nur eine Bestimmung erst aufführen; weitere sollen später nachfolgen. Auf 100 Theile Casein erhielt ich 78 Theile Pepton + Metapepton, und ungefähr ist das Metapepton wohl die Hälfte davon; ferner 2 Theile Parapepton und 20 Theile Dyspepton. In quantitativer Beziehung nimmt also beim Casein das diesem Eiweisskörper eigenthümliche Dyspepton den Platz ein, welchen beim Albumin und Syntonin das Parapepton

einnimmt. Das Dyspepton enthielt 1—2 % durch Aether extrahirbares Fett.

Nachdem jener Körper, den ich Metapepton genannt habe, übereinstimmend sich beim Syntonin und beim Casein gefunden hatte, musste ich einige Versuche mit dem Albumin wiederholen, um zu sehen, ob ich früher nicht vielleicht auch hier ein dem Metapepton entsprechendes Spaltungsproduct übersehen hatte. So ist es in der That; aber das Uebersehen dieses Körpers bei den früheren Untersuchungen ist wohl deshalb einigermassen verzeihlich, weil das Metapepton des Albumins nur in sehr geringer Menge auftritt, so dass es ohne absichtliche Concentrirung der Peptonlösung, in welcher es sich befindet, sich der Beobachtung entzieht. Auch ist mir früher allerdings schon dieses Albumin-Metapepton begegnet, nur erkannte ich es nicht für einen besonderen Körper, sondern hielt es für zufällige Reste vom Parapepton. Wenn man das Albumin-Parapepton durch Neutralisation der sauren Magensaftlösung vollständig ausgefällt hat und dann das ganz klare Filtrat auf dem Wasserbade eindampft, so trübt sich die Flüssigkeit zuletzt, und es scheiden sich auch Flocken aus. Diese Trübung und Flocken rühren von dem Metapepton her, ganz analog dem Verhalten des Syntonin- und Casein-Metapeptons, denn auch jenes ist schwer löslich im Wasser, wird ferner ebenfalls aus nicht zu verdünnter Lösung durch geringes Ansäuern gefällt und auch durch die concentrirten Mineralsäuren. Im Ueberschuss der sehr verdünnten, so wie der concentrirten Säuren löst es sich leicht wieder auf. Bei der geringen Menge, in welcher dieses Albumin-Metapepton auftritt, ist es vergeblich, dasselbe aus der ursprünglichen, wenn auch an und für sich concentrirten neutralen Verdauungslösung darzustellen, es gelingt nur nach stärkerem Einengen dieser Lösung. Alkohol fällt auch hier den Körper zugleich mit dem Pepton. —

In meiner zweiten Mittheilung über die Verdauung der Eiweisskörper p. 281. habe ich mich dagegen verwahrt, als wollte ich mit dem Ausdruck Spaltung des Eiweisses schon eine bestimmte Theorie ausgesprochen haben, indem ich bemerkte, dass das Wort Spaltung vorläufig nur die Thatsache bedeuten solle, dass das für einen einzigen Körper gehaltene Albumin des Eierweisses durch die Einwirkung der Chlorpepsinwasserstoffsäure in eine Anzahl verschiedener Körper zerfällt. Es war in der That nicht zu entscheiden, ob etwa jenes Eieralbumin von vorn herein eine Mischung von drei Körpern sei, deren Zusammenhang nur gelockert würde durch die

Verdauung, oder ob in der That eine Spaltung stattfinde eines zusammengesetzteren Körpers in eine Anzahl einfacherer Körper. Allerdings hatte wohl die letztere Ansicht schon nach den bis dahin mitgetheilten Thatsachen mehr Wahrscheinlichkeit für sich. Diese Wahrscheinlichkeit schien mir nun noch beträchtlich zuzunehmen, als sich so ganz analoge Verhältnisse bei der Untersuchung des Syntonins und Caseins herausgestellt hatten. Der Körper, den man Syntonin nennt, wird als Ganzes durch Neutralisation der sauren Lösung dargestellt, und doch besteht dieses Syntonin zum grössten Theil aus zwei im Wasser löslichen Körpern, dem Pepton und Metapepton, welche bei der Verdauung frei werden. Ebenso ist es mit dem Casein, welches als Ganzes aus schwach saurer Lösung ausfällt und doch zum grössten Theil aus Körpern besteht, in Körper gespalten wird, welche in verdünnten Säuren leicht löslich sind. — Indem ich nun an die Spaltungen anderer zusammengesetzter organischer Atomcomplexe dachte, entstand die Frage, ob nicht vielleicht dieselbe Spaltung jener Eiweisskörper, wie sie durch Einwirkung jenes Fermentkörpers geschieht, auch auf andere Weise zu bewirken sei. Da ich gerade ein für derartige Versuche brauchbares Material in demselben Syntonin und Casein besass, welches zu den Verdauungsversuchen gedient hatte, so wurden diese beiden Körper benützt. Der Weg aber, den ich zuerst einschlug, um zu sehen, ob er etwa nach jenem Ziele führte, war, jene Eiweisskörper mit Wasser zu kochen. Ich wählte diesen Weg nicht etwa deshalb, weil ich im Voraus an die fast in Vergessenheit gerathenen ähnlichen Versuche von Berzelius und Mulder gedacht hätte, auf welche meine Aufmerksamkeit vielmehr erst später gelenkt wurde, sondern weil ich mit der einfachsten Behandlungsweise den Anfang machen wollte.

Das Resultat war ein unverhofft günstiges. Dasselbe lässt sich kurz dahin zusammenfassen: Syntonin sowohl wie Casein werden bei anhaltendem Kochen mit reinem Wasser in dieselben Körper gespalten, in welche sie durch die Einwirkung des Magensaftes zerfallen. Was aber der Magensaft bei 40 ° C. im Laufe von einigen Stunden bis zu einem Tage vollbringt, dazu bedarf das kochende Wasser viele Tage.

Ich kochte eine Portion (einige Grammes) desselben Syntonins, welches für die Verdauungsversuche benutzt worden war, in einer Porcellanschale mit stets erneuertem destillirten Wasser alle Tage mehrere Stunden, so lange ich eben im Laboratorium beschäftigt war, und von Zeit zu Zeit wurde das

Wasser abfiltrirt und untersucht. Wir wollen hier zunächst nur auf die eiweissartigen Körper Rücksicht nehmen. Das Wasser war stets klar und farblos. Gerbsäure zeigte einen grossen Gehalt von in Lösung gegangener Substanz an, und dies waren zwei im Wasser lösliche Körper, der eine leicht, der andere schwer löslich. Letzterer wurde durch schwaches Ansäuern der Flüssigkeit in feinen Flocken gefällt, die sich leicht im geringen Ueberschuss der Säure wieder lösten: dieser Körper verhielt sich in allen Punkten genau so, wie das bei der Verdauung des Syntonins entstehende Metapepton. In Lösung bleibt ein Körper, dessen Verhalten ebenso genau dem des Syntonin-Peptons entspricht, auch kann ich angeben, dass die Menge, in der diese beiden Körper durch die Wasserextraction gewonnen werden, der Menge der entsprechenden oder gleichen bei Verdauung auftretenden Körper entspricht, doch kann ich noch keine Zahlenbelege beibringen. Eine Beschreibung jener beiden in dem Wasserextract gelösten Körper würde eine blosse Wiederholung des oben Angegebenen sein, sie sind durchaus identisch mit den genannten bei der Verdauung entstehenden Spaltungsproducten, und ich nenne sie daher auch natürlich ebenso, da einmal jene Namen, Pepton und Metapepton, vorhanden sind oder wenigstens der erste vorhanden war. Bei dem Mengenverhältniss, in welchem ich die Versuche anstellte, indem 4—5 Grm. Syntonin mit etwa $^1/_4$ Litre Wasser stets gekocht wurden, dauerte es sehr lange, ehe sich eine Abnahme des Gehalts an Pepton und Metapepton in dem von Zeit zu Zeit untersuchten Extract bemerklich machte. Erst nachdem das Kochen ungefähr 80 Stunden lang fortgesetzt worden war, wurde die Menge jener beiden Körper nach und nach immer weniger, und nach etwa 100stündigem Kochen nahm das Wasser nichts mehr auf. Der ungelöste flockige Rückstand des ursprünglich farblosen, feinpulvrigen Syntonins hatte allmählich eine gelbe Farbe während des Kochens angenommen und setzte sich immer rasch zu Boden, so dass die darüberstehende Flüssigkeit einen Augenblick nach Aufhören des Kochens ganz klar und vollständig abgegossen werden konnte. Dieser Rückstand war durchaus nicht gequollen, zwischen Filtrirpapier abgepresst war er sofort trocken und liess sich pulvern, ebenso trocknete er rasch an der Luft zu leicht zerreiblichem Pulver. Von Fäulnisserscheinungen war auch nicht die leiseste Spur zugegen, obwohl die Masse während mehrerer Wochen stets unter Wasser frei an der Luft war und nur von Zeit zu Zeit gekocht wurde. Wohl aber zeigten sich bald Fäulnisserscheinungen und Schim-

melbildung, als ich eine Portion Syntonin ohne auszukochen, also ohne ihr die löslichen Bestandtheile zu entziehen, in einer Schale mit Wasser an der Luft stehen liess. Zuletzt löst sich in dem kochenden Wasser Nichts mehr auf, und der nun noch vorhandene erheblich kleiner gewordene Rückstand stellt das Parapepton des Syntonins dar, unterscheidet sich von dem durch Neutralisation der Verdauungslösung dargestellten Syntonin, abgesehen von der gelblichen Farbe nur dadurch, dass er viel schwerer löslich in verdünnten Säuern ist, was aber nicht anders erwartet werden kann, weil, wie oben angegeben, das Parapepton des Syntonins durch Kochen mit Wasser schwerer löslich wird. Dass das bei der Verdauung durch Magensaft entstehende Parapepton von kochendem Wasser nicht gelöst wird, auch Nichts an dasselbe abgiebt, wurde oben bereits bemerkt. —

Ganz analog fielen die in der gleichen Weise mit Casein angestellten Versuche aus. Das Casein, welches mit Wasser gekocht wurde, war ursprünglich ganz rein weiss, während des Kochens aber, als die löslichen Bestandtheile allmählich entzogen wurden, nahm der Rückstand gelbliche Farbe an. Das von Zeit zu Zeit abfiltrirte Wasser war anfänglich trübe von sehr fein vertheiltem Fett, demselben Fett, welches bei der Verdauung zuletzt dem Dyspepton anhaftet. Dieses Fett wird gleich zu Anfang der Zerlegung durch kochendes Wasser ausgezogen. In Lösung sind die beiden im Wasser löslichen Körper, wie sie auch bei der Verdauung auftreten, nämlich das leicht lösliche, durch Säuren nicht fällbare Pepton und das schwer lösliche, durch sehr verdünnte Säure fällbare Metapepton, und die Eigenschaften dieser beiden Körper sind auch hier beim Casein, wie beim Syntonin, ganz gleich den Eigenschaften der bei der Verdauung entstehenden beiden löslichen Spaltungsproducte. Der ganze Process der Zerlegung des Caseins beim Kochen mit Wasser vollendet sich viel rascher, als beim Syntonin, und dies entspricht offenbar der bei der Verdauung angegebenen Differenz, denn auch durch Pepsin und verdünnte Salzsäure wird das Casein ceteris paribus weit schneller zerlegt, verdauet, als das Syntonin. So ist denn auch die unter sonst gleichen Umständen von dem gekochten Casein abfiltrirte Lösung concentrirter als beim Syntonin, und da das Metapepton des Caseins auch schwer löslich in Wasser ist, namentlich aber schon beim Erwärmen einer neutralen concentrirten Metapeptonlösung Trübung eintritt, wie oben angegeben, so ist es nicht auffallend, dass jene durch Kochen erhaltene Lösung heiss abfiltrirt opalisirend

ist, was entweder ganz oder theilweise verschwindet, wenn man die Flüssigkeit erst erkalten und längere Zeit stehen lässt. Nachdem ich einige Grammes Casein mit etwa $^1/_4$ Litre Wasser jeweils ungefähr 50 Stunden gekocht hatte, nahm das Wasser keinen Eiweisskörper mehr auf, alle im Wasser löslichen Theile waren entzogen. Der flockige gelbliche Rückstand bestand aus zwei Körpern, nämlich zum bei Weitem geringeren Theile aus einem in verdünnter Salzsäure (0,1 % HCl) leicht löslichen Körper, der bei kurzer Digestion in Brutwärme extrahirt wurde und aus der sauren Lösung durch Neutralisation in feinen weissen Flöckchen gefällt wurde, dem Parapepton des Caseins, und zum grössten Theile aus einem in mässig concentrirten Säuren unter starkem Aufschwellen und Gallertigwerden nur schwer löslichen Körper, dem Dyspepton, so wie es von der Verdauung nach Extraction des Fettes (vergl. oben) gewonnen wird.

Somit bewirkt also anhaltendes Kochen mit Wasser ganz dieselbe Zerlegung des Syntonins und des Caseins, welche das Pepsin in Verbindung mit verdünnter Salzsäure in verhältnissmässig kurzer Zeit bewirkt, und es fehlt zur vollständigen Identificirung beider Vorgänge nur noch der Nachweis, dass auch die quantitativen Verhältnisse, in welchen jene Spaltungsproducte bei den beiden Behandlungsweisen auftreten, übereinstimmen. Solche Bestimmungen kann ich nun allerdings jetzt noch nicht beibringen, sondern nur bemerken, dass dem Anscheine nach alle Aussicht vorhanden ist, dass zukünftige Untersuchungen auch in dieser Beziehung vollkommene Uebereinstimmung nachweisen werden.

Es giebt ausser dem Kochen mit Wasser an der Luft noch andere Methoden, um gleichfalls dieselbe Spaltung des Syntonins und Caseins zu bewirken, welche der Magensaft vollbringt. Ich habe eine Portion Syntonin mit wenig Wasser in eine dicke Glasröhre eingeschmolzen 8 Stunden lang der Temperatur einer kochenden concentrirten Kochsalzlösung ausgesetzt. Auch unter diesen Umständen, bei der Temperatur von 108° ungefähr, ging dieselbe Zerlegung vor sich: das Wasser enthielt grosse Mengen von Pepton und Metapepton, doch war die Zerlegung in jener Zeit noch keinesweges beendet, denn weiteres Kochen des Rückstandes mit Wasser entzog demselben noch viel der löslichen Körper. Jedenfalls aber geht die Spaltung bei jener höheren Temperatur rascher vor sich, als beim Kochen im offenen Gefäss, wenn auch wohl nicht so rasch, wie durch Einwirkung des Magensaftes. Bei noch höherer Temperatur wird die Spaltung höchst wahr-

scheinlich noch rascher vor sich gehen. (Vergl. unten einige frühere Beobachtungen.)

Endlich bewirkt auch das Kochen mit verdünnter Salzsäure von 0,1% HCl und mit verdünnter Schwefelsäure von gleicher Concentration die Zerlegung des Syntonins in Pepton, Metapepton und Parapepton, jedoch nach den bisherigen nicht vollständig zu Ende geführten Versuchen keinesweges rascher, als das Kochen mit Wasser; namentlich ist die verdünnte Schwefelsäure sehr unwirksam. Das Kochen mit den verdünnten Säuern ist für die Körper, mit denen ich Versuche machte, nicht durchaus nothwendig, sondern äusserst langsam wirkte die verdünnte Salzsäure auch, ebenso wie das reine Wasser, zerlegend bei Digestion in einer Temperatur von 40—45°. *)

Die zeitweilige Unterbrechung, welche meine Untersuchungen erfahren mussten durch meine Uebersiedelung nach Göt-

---

*) Wegen dieser, wenn auch schwachen Einwirkung, welche verdünnte Salzsäure schon bei niederer Temperatur auf das Syntonin ausübt, musste die Frage entstehen, ob nicht bei der Extraction des Syntonins aus dem Fleische vermittelst verdünnter Salzsäure schon eine solche Wirkung durch Zerlegung eines wenn auch nur kleinen Theiles des Syntonins sich geltend mache. Ich untersuchte daher die klare neutrale Flüssigkeit, die von dem durch genaue Neutralisation ausgefällten Syntonin abfiltrirt wird, nachdem Sorge getragen worden war, dass vorher das Fleisch kein Eiweiss mehr an Wasser abgegeben hatte. Es fand sich in jener klaren neutralen Flüssigkeit, nachdem sie ziemlich eingedampft worden war, noch etwas beim Erhitzen coagulirendes Eiweiss, welches wahrscheinlich durch die verdünnte Säure noch gründlicher extrahirt wird, als durch Wasser, und ausserdem allerdings Spuren von Syntonin-Pepton und Metapepton, so dass sich nicht in Abrede stellen lässt, dass, wie indess zu erwarten war, schon bei der Darstellung des Syntonins ein sehr kleiner Theil zerlegt wird. Jedenfalls wird es daher zu empfehlen sein, bei der Darstellung des Syntonins durch Extraction des Fleisches mit Salzsäure von 0,1% HCl rasch und bei niederer Temperatur zu verfahren, ersteres in der Weise, dass man die Lösung oft abseihet und sofort neutralisirt. Es handelt sich natürlich nicht um Vermeidung von Verlust an Syntonin, sondern um Vermeidung einer Beimischung von Parapepton.

Da bei der ersten Extraction des Fleisches mit Wasser freie Milchsäure entsteht, so habe ich auch untersucht, ob nicht schon diese Säure vielleicht Syntonin sowohl extrahire, wie auch zerlegend auf dasselbe wirke. Dies ist aber, so viel ich sah, nicht der Fall. Hat man aus dem Wasserextract sämmtliches Albumin durch Coagulation in der Wärme entfernt, was viel Sorgfalt erfordert, indem leicht zu viel freie Säure oder zu wenig vorhanden sein kann, als dass das Albumin ohne Weiteres beim Erhitzen vollständig herausfällt, so ist in der klaren Flüssigkeit allerdings noch eine nicht ganz unerhebliche Menge eines peptonartigen Körpers enthalten: dies ist jedoch kein Syntonin-Pepton, sondern wahrscheinlich ist es ein Spaltungsproduct jenes Albumins selbst. Ich werde bei anderer Gelegenheit auf dieses Albumin und jenen peptonartigen Körper zurückkommen. —

tingen, ist Schuld, dass ich noch keine Versuche mit dem Albumin angestellt habe, doch zweifle ich nicht daran, namentlich auch mit Rücksicht auf sogleich zu erörternde ältere Beobachtungen, dass auch das Albumin, so wie die übrigen Eiweisskörper beim Kochen mit Wasser u. s. w. in dieselben Spaltungsproducte zerfallen werden, welche bei der Verdauung durch den Magensaft auftreten. Ich behalte mir die Beantwortung dieser, so wie so mancher anderer im bisherigen Verlauf auftauchender Fragen für weitere Fortsetzungen dieser Untersuchungen vor. Wir müssen nun eine Reihe älterer Beobachtungen in Erinnerung bringen, welche mit den mitgetheilten in naher Beziehung stehen.

Berzelius hat zuerst Eiweisskörper, nämlich Albumin und Fibrin längere Zeit mit Wasser gekocht und beobachtet, dass ein Theil dabei aufgelöst wird, und als er später die weiter eingehenden Versuche Mulder's erörterte, empfahl er die „Producte der Katalyse des Albumins durch Kochen" besonders einer genauen Untersuchung. (Lehrbuch. Bd. IX. p. 51. p. 37.) Mulder*) kochte Albumin und Fibrin 40 Stunden lang mit Wasser und fand, dass sich nahezu 21 % vom Fibrin und nahezu 37 % vom Albumin gelöst hatten. Der unlösliche Rückstand des Albumins löste sich in Essigsäure langsamer auf, als ursprüngliches Eiweiss; das Aufgelöste besass nicht mehr die Eigenschaften des Albumins. Die löslichen Stoffe, die aus Fibrin erhalten wurden, waren ähnlich denen des Albumins beschaffen. Berzelius bemerkte, dass der unlösliche Rückstand vom Fibrin unlöslich für Essigsäure und Ammoniak geworden war.

L. Gmelin**) hat coagulirtes Eiweiss mit Wasser im Papin'schen Digestor einer Temperatur von nahe 200° ausgesetzt: es löste sich Alles bis auf „wenig ziemlich unverändertes Eiweiss" zu einer braungelben Flüssigkeit. Wöhler**) und Vogel bestätigten diese Angabe und bemerkten, dass bei 200° die Auflösung zwar rasch aber unter Bildung empyreumatischer Producte vor sich gehe, während die Auflösung bei 150° in zugeschmolzenen Glasröhren ohne Bildung jener in 2 bis 3 Stunden erfolgte. Auch Blutfibrin und ausgekochte Muskelfaser lösten sich mit Zurücklassung eines nur unbedeutenden Rückstandes auf. Der im Wasser gelöste Bestandtheil des Albumins schien ihnen im Wesentlichen noch Albumin zu sein, welches seine Coagulirbarkeit verloren hatte.

*) Annalen der Chemie und Pharmacie. Bd. 17. p. 300.
**) Annalen der Chemie und Pharmacie. Bd. 44. p. 238.

Die Lösungen des Fibrins und der Muskelfaser wurden durch Säuern stark gefällt. Der Niederschlag durch Essigsäure war in einem Ueberschuss leicht löslich.

Mit diesen Beobachtungen stimmen die meinigen also gut überein. Bei allen wird eines, wenn auch für unbedeutend erklärten unlöslichen Rückstandes erwähnt, welcher das Parapepton ist oder wenigstens demselben entspricht, denn ob dasselbe nicht bei höherer Temperatur (150—200 °) Veränderungen erleidet, weiss ich nicht. (Das Parapepton des Syntonins wird beim Kochen mit Wasser schwerer löslich.) In Wöhler's Angabe über den durch Säuren fällbaren, im Ueberschuss leicht löslichen Körper aus der Muskelfaser erkennt man leicht das Metapepton.

Mulder gab an, dass Fibrin oder Albumin mit Wasser gekocht und von 4 zu 4 Stunden untersucht, stets neue Quantitäten löslicher Stoffe an das Wasser abgeben, dass dabei die Zusammensetzung des unlöslichen Rückstandes sich fortwährend ändere, indem derselbe an C, H und N ärmer, an O reicher werde, bis zuletzt die Zusammensetzung constant werde. Aus den Resultaten der Analyse der im Wasser löslichen Körper, die durch Kochen aus Fibrin und Albumin oder durch Digestion im Papin'schen Topf erhalten worden waren, schloss Mulder*) auf vollkommene Uebereinstimmung derselben untereinander und mit seinem sogenannten Proteintritoxyd, welches er darstellte durch Behandeln einer Auflösung von Albumin, Casein oder Fibrin mit Chlor, wobei chlorigsaures Protein entstehen soll, nach dessen Zersetzung durch Ammoniak und Extraction mit Alkohol der fragliche Körper übrig blieb, den Mulder betrachtet als Protein, verbunden mit 3 At. Sauerstoff. Dieses Proteintritoxyd hatte auch die gleichen Eigenschaften, wie der durch Auskochen der Eiweisskörper erhaltene im Wasser lösliche Körper.

Ob Mulder in dem durch Kochen extrahirten Stoff einen einfachen Körper vor sich hatte, oder eine Mischung von zwei Körpern, vermag ich noch nicht zu unterscheiden, da ich noch keine eigenen Versuche mit den beiden von Mulder benutzten Eiweisskörpern angestellt habe. Jedenfalls würde Mulder bei dem gleichen Darstellungsverfahren beim Casein und Syntonin eine Mischung von Pepton und Metapepton vor sich gehabt haben, und nicht unwahrscheinlich ist es, dass dies auch bei jenen Körpern der Fall war; auch führt Mulder unter den Reactionen Fällung durch verdünnte Mineral-

*) A. a. O. und Berzelius Jahresbericht. 1843. Bd. 23. p. 595.

säuren auf; indessen eine Vergleichung der von Mulder für seine Stoffe angegebenen Reactionen mit den oben beschriebenen Körpern führt zu Nichts, denn darnach wären viel grössere Differenzen vorhanden, als sie bei der Uebereinstimmung der Darstellung erwartet werden können. Es ist aber auch zu bemerken, dass bei manchen der gewöhnlichen Eiweissreactionen eine besondere Vorsicht und Genauigkeit erforderlich ist, wenn man sie bei den Peptonen und Metapeptonen nicht übersehen will. Da nun Mulder erklärt hat, dass sein Proteintritoxyd identisch sei mit den durch Kochen gewonnenen löslichen Körpern, so muss ich meinerseits behaupten, dass das Proteintritoxyd identisch ist entweder mit dem Pepton, oder mit Pepton + Metapepton, ein Ergebniss, welches nicht unerwartet sein wird, da Lehmann schon früher auf die Aehnlichkeit des Proteintritoxyds mit den Peptonen aufmerksam gemacht hat. Ich werde es nicht unterlassen, bei der Fortsetzung meiner Untersuchungen das Mulder'sche Proteintritoxyd speciell zu berücksichtigen und bin dann vielleicht im Stande, genauer die Beziehungen desselben zu obigen Spaltungsproducten festzustellen. —

Von dem beim Kochen ungelöst zurückbleibenden Körper hebt auch Mulder speciell hervor, dass er verschieden sei von Albumin und Fibrin. Aus der Zusammensetzung des beim Auskochen von Fibrin erhaltenen Rückstandes schliesst Mulder auf Identität mit sogenanntem Proteinbioxyd; der Rückstand vom Albumin dagegen, meint Mulder, sei unverändertes Albumin.

Bouchardat hat beobachtet, dass Albumin, Fibrin, Casein von verdünnter Salzsäure zum Theil aufgelöst werden, das Aufgelöste fand er bei allen von gleichem Verhalten gegen Reagentien, und er nannte den aufgelösten Körper Albuminose, mit welcher Bezeichnung Mialhe die bei der Verdauung entstehenden löslichen Körper bezeichnete, die wir jetzt Pepton und Metapepton nennen. Mialhe protestirt dagegen, als ob die Einwirkung verdünnter Säuren auf Eiweisskörper dieselben Veränderungen hervorbringe, wie die Verdauung; dabei kommt es auf die Zeit der Einwirkung an: verdünnte Salzsäure kann, wie oben angegeben, allerdings bei längerer Einwirkung, namentlich in höherer Temperatur, wenigstens das Syntonin in jene Spaltungsproducte zerlegen, die bei der Verdauung entstehen. Was nicht gelöst wurde, nannte Bouchardat Epidermose. Mulder erklärte diese Epidermose für identisch mit Proteinbioxyd, und jene Albuminose Bouchardat's sei wahrscheinlich auch ein durch den Sauerstoff der Luft gebil-

detes Oxydationsproduct des Proteins, der Zusammensetzung nach ebenfalls Proteinbioxyd. —

Mulder*) digerirte Casein mit verdünnter Salzsäure 48 Stunden lang, worauf sich Alles gelöst hatte. Als nun die Lösung neutralisirt wurde, entstand Fällung, im Filtrat wurde durch Ansäuern bis zu gewissem Grade weitere Fällung erhalten. Dass die verdünnten Säuern für sich allein langsam auch jene Spaltung der Eiweisskörper bewirken, habe ich oben angegeben, und offenbar fällte Mulder durch Neutralisation neben wahrscheinlich noch unverändertem Casein Parapepton und Dyspepton aus, während er durch Ansäuern der neutralen Lösung Metapepton erhielt und wahrscheinlich noch Pepton in Lösung behielt, worauf nicht untersucht wurde, welches aber Schlossberger**) fand, der Mulder's Beobachtung bestätigte. Lehmann***) vermuthete schon, dass die Digestion des Caseins mit Salzsäure eine Zerlegung bewirkt haben könnte. Wenn Schlossberger angab, dass Albumin und Fibrin, ebenso wie Casein behandelt, sich nicht in verschiedene Körper trennen liessen, so beruhet dies wahrscheinlich darauf, dass das Casein überhaupt viel leichter, schneller bei den verschiedenen Behandlungsmethoden zerlegt wird, schneller verdauet wird, als die übrigen Eiweisskörper.

Lebonte und de Goumoens†) behandelten Fibrin, Muskelfasern, Albumin, Casein, Globulin, Vitellin mit krystallisirter Essigsäure längere Zeit, und es wurde ein Theil gelöst, ein anderer blieb ungelöst zurück. Der gelöste Theil soll stets dasselbe Verhalten gezeigt haben, die Verff. nannten ihn Oxoluin, den ungelösten Theil Anoxoluin. Die mitgetheilten Untersuchungen dieser Körper erscheinen aber ziemlich dürftig, und wohl zu frühzeitig war der Schluss, dass alle Eiweisskörper aus zwei überall gleichen Körpern zusammengesetzt seien.

Man ersieht deutlich aus diesen früheren Angaben, dass die Spaltungsproducte der Eiweisskörper, die oben beschrieben sind, schon früher mehrfach unter verschiedenen Umständen angetroffen, wahrscheinlich jedoch nie ganz isolirt von einander erhalten wurden.

So wenig die Analysen der ursprünglichen Eiweisskörper bisher zur genaueren Kenntniss dieser complicirten Stoffe

---

*) Berzelius Jahresbericht. 1847. p. 910.
**) Annalen der Chemie und Pharmacie. Bd. 58. p. 92.
***) Lehrbuch d. physiol. Chemie I. 2. Aufl. p. 386.
†) Comptes rendus 1853. I. p. 835.

beigetragen haben, so wenig Werth scheint mir auch auf die Analysen solcher mehr zufällig erhaltener Spaltungsproducte, wie des sogenannten Proteintritoxyds, Proteinbioxyds vor der Hand gelegt werden zu dürfen, denn wenn es ein Mal feststeht, dass die Eiweisskörper auf verschiedene Weise in eine Anzahl bestimmter, stets gleicher Spaltungsproducte zerlegt werden können, so ist die nächste Aufgabe die, diese Körper möglichst isolirt, möglichst rein darzustellen, erst dann kann man sich von Elementaranalysen brauchbare Aufschlüsse versprechen, dieselben wenigstens mit einigem Recht hoffen. So glaube ich auch, dass ich bisher bei diesen Untersuchungen noch Nichts versäumt habe durch die Unterlassung von Elementaranalysen; noch immer bedarf es eines genaueren Studiums der Mittel, jene Spaltungsproducte auf indifferente Weise zu trennen, noch immer einer sorgfältigen Untersuchung, ob nicht ein für einfach gehaltener Körper eine Mischung von zwei in ihren Löslichkeitsverhältnissen differenter Stoffe ist, wie denn solches z. B. mit dem bisher für Pepton gehaltenen Stoff der Fall ist, sofern darin Pepton und Metapepton enthalten sind. Während zukünftige Untersuchungen vielleicht zeigen werden, dass dieser und jener der jetzt von einander gehaltenen Körper im Wesentlichen identisch sind, einige äussere Verschiedenheiten vielleicht nur zufälligen oder nebensächlichen Umständen verdanken, muss man es jetzt noch für die Aufgabe halten, möglichst sorgfältig von einander zu halten und zu trennen zu suchen, was sich irgendwie in Hinsicht der Löslichkeitsverhältnisse und der Reactionen von einander unterscheidet.

Die Spaltung der Eiweisskörper schliesst sich in Hinsicht auf die Methoden, durch welche dieselbe zu bewerkstelligen ist, an die Spaltungen anderer organischer Atomcomplexe an. Die sogenannten Glucoside sind es vor Allem, welche durch analoge Einwirkungen zerlegt werden, nämlich durch eigenthümliche Fermentkörper und durch verdünnte Säuren, mit welchen letzteren sie längere Zeit gekocht werden müssen. Auch die Neutralfette können zum Theil wenigstens unter analogen Umständen gespalten werden, nämlich unter dem Einfluss eines in Umwandlung begriffenen Eiweisskörpers, der also wohl als Ferment wirkt, und auch unter Einwirkung von Wasser bei höherer Temperatur.

Zum Schluss dieser Mittheilung müssen jetzt noch die sogenannten Extractivstoffe näher betrachtet werden, welche beim anhaltenden Kochen des Syntonins und Caseins neben den löslichen nächsten eiweissartigen Spaltungsproducten in

Lösung gehen, Stoffe, welche ein kaum geringeres Interesse in Anspruch nehmen, als jene nächsten Spaltungsproducte selbst. —

Wenn ich das auf die oben angegebene Weise dargestellte Syntonin mit destillirtem Wasser einige Stunden gekocht hatte, so reagirte das Wasser schwach sauer. Wurde dies saure Extract abfiltrirt, der Rückstand gut abgepresst und von Neuem mit frischem Wasser gekocht, so trat abermals nach und nach deutlich saure Reaction ein und sofort, bis das Kochen etwa ein Drittel der Zeit fortgesetzt ist, welche zur völligen Zerlegung des Syntonins nöthig ist. Bei der Sorgfalt, welche auf die Darstellung des Versuchsmaterials verwendet worden war, konnte kein Verdacht entstehen, als ob es sich um irgend eine dem Syntonin anhaftende organische oder unorganische Verunreinigung handelte. Die freie Säure, um die es sich handelte, war nicht flüchtig, und wenn eine Portion des Wasserextracts gehörig eingedampft worden war, so reagirte es auffallend stark sauer. Ich fällte dann das Pepton und das Metapepton mit viel Alkohol aus, filtrirte, verdampfte den Alkohol: der saure Körper war in Lösung. Unverbrennliche Substanz enthielt dieses dünn-syrupartige Extract nur ausserordentlich wenig. Es schien mir nun am Nächsten zu liegen, auf die Gegenwart von Milchsäure zu prüfen, indem ich durch Kochen mit kohlensaurem Zinkoxyd das milchsaure Zinkoxyd darzustellen versuchte. So weit es nun im Allgemeinen erlaubt ist, aus der mikroskopischen Untersuchung der Krystalle auf die Gegenwart eines Körpers zu schliessen, fand ich meine Vermuthung bestätigt, denn ich erhielt zu wiederholten Malen die schönsten Krystallisationen von milchsaurem Zinkoxyd, mit alle dem, was als characteristisch für dieselben angegeben wird.

Nachdem, wie bemerkt, das Auftreten freier Säure in dem Wasser, womit das Syntonin gekocht wurde, sich eine Zeit lang wiederholt hatte, nahm die saure Reaction ab und machte einer neutralen Reaction Platz, ohne dass deshalb in dem Extract die Milchsäure fehlte. Sehr bald aber nahm zu meinem Erstaunen das durchaus geruchlose Wasser schwach alkalische Reaction an, während die Zerlegung des Syntonins immer fort ging in völlig gleicher Weise und ohne dass eine Spur von Fäulnisserscheinungen auftrat. Ich verfuhr wie früher, engte das Extract ein, fällte das Pepton und Metapepton mit Alkohol aus, verdampfte den Alkohol, und nun reagirte das klare, dünn-syrupartige Extract stark alkalisch. Wiederum

so weit wiederholte mikroskopische Untersuchungen von Krystallen die Anwesenheit eines Körpers zu erkennen gestatten, muss ich die Anwesenheit von Kreatin und besonders Kreatinin in jenem Extract behaupten. Auf das Kreatinin schliesse ich vor Allem aus der zu wiederholten Malen mit allen characteristischen Eigenthümlichkeiten erhaltenen Krystallisation des Kreatinin-Chlorzinks. Jenes stark alkalisch reagirende Extract wurde mit concentrirter Chlorzinklösung versetzt, wobei sofort ein körniger Niederschlag entstand, der nach einiger Zeit krystallinisch wurde und dann alle die Formen zeigte, welche Funke in seinem Atlas der physiologischen Chemie, besonders aber die, welche Lehmann neuerlich in seinem Handbuch der physiologischen Chemie abgebildet hat. Auch habe ich es nicht unterlassen, die Formen unmittelbar zu vergleichen mit denen, welche aus reinem, aus Fleisch auf die gewöhnliche Weise dargestellten Kreatinin und mit denen, welche aus Harn gewonnen worden waren, wobei sich völlige Uebereinstimmung herausstellte. Wenn nicht sofort irgend welche characteristische Formen erhalten wurden, so gelang es öfters, dieselben beim Umkrystallisiren zu gewinnen. Ich habe ferner aus dem mit salpetersaurem Silberoxyd entstandenen Niederschlag nach einiger Zeit Büschel feiner Nadeln krystallisiren gesehen, während allerdings der Niederschlag mit Quecksilberchlorid nicht krystallinisch wurde, woran aber die Verdünnung der Lösung Schuld sein kann. Endlich habe ich auch jenes Extract für sich krystallisiren lassen, und Krystalle, die denen von reinem Kreatinin entsprachen, erhalten. Die Gegenwart von Kreatin zu vermuthen, veranlasste mich, abgesehen von der Gegenwart des Kreatinins, zuerst die Wahrnehmung, dass das Extract das Silber so ausserordentlich leicht reducirte, was das Kreatin, wie ich finde, thut, namentlich in schwach alkalischer Lösung, wie sie hier in Folge des Kreatiningehalts vorlag. Indessen würde ich natürlich hierauf kein Gewicht legen, wenn ich nicht neben den Kreatininkrystallen und neben denen des Kreatinin-Chlorzinks Krystalle erhalten hätte, welche denen des Kreatins glichen. Dass Kreatin in jenem Extract enthalten war, trotz der vorhergehenden Ausfällung mit Alkohol, darf nicht auffallen, da der Alkohol in grosser Menge angewendet werden muss, und das Kreatin nicht durchaus unlöslich in Alkohol ist. Die Milchsäure fehlte wenigstens anfangs neben dem Kreatinin und Kreatin nicht ganz. So wie aber das Auftreten der Milchsäure allmählich abnahm, so nahm auch die Menge des Kreatinins wieder ab, als sich die Zerlegung des

Syntonins ihrem Ende näherte, und mit diesem hörte das Auftreten jener Körper ebenfalls auf.

Als ich Syntonin 8 Stunden lang mit Wasser in der zugeschmolzenen Glasröhre (worin sehr wenig Luft) auf 108° erhitzt hatte, reagirte die Flüssigkeit neutral. Ich fällte, ohne vorher einzudampfen, mit Alkohol das Pepton und Metapepton aus, dann aber musste zur weiteren Untersuchung die alkoholische Lösung auf dem Wasserbade eingedampft werden, und als der Alkohol und ein Theil des Wassers entfernt waren, besass das Extract nun stark saure Reaction, und es wurden Krystalle von milchsaurem Zinkoxyd erhalten, so wie Chlorzink-Kreatinin. Ich vermuthe, dass hier erst während des Abdampfens Oxydationen stattfanden, welche zur Bildung derselben Körper führten, die beim Kochen an der Luft entstehen, dann aber müssten die Körper, aus denen diese Oxydationsproducte entstanden, verschieden von den löslichen Eiweisskörpern Pepton und Metapepton, schon beim Erhitzen in der Glasröhre entstanden sein. —

Ich verwahre mich ausdrücklich dagegen, als glaubte ich die Gegenwart von Milchsäure, Kreatin und Kreatinin in jenem Extract durch das Angeführte schon über allen Zweifel sicher bewiesen zu haben. Ich halte es im Gegentheil für meine Aufgabe, sobald es mir möglich sein wird, jene Körper in grösserer Menge auf die angegebene Weise darzustellen zu versuchen, um weitere, als blos krystallographische Untersuchungen mit ihnen vornehmen zu können. Gleichwohl wird es nicht ungerechtfertigt erscheinen, bei der Mittheilung obiger Beobachtungen über die nächsten Spaltungsproducte der Eiweisskörper diese bisher gemachten Wahrnehmungen über die daneben auftretenden, wie es scheint, entfernteren Zersetzungsproducte nicht verschwiegen zu haben. Sollte es sich, was zu hoffen ich allen Grund zu haben glaube, fernerhin bestätigen, dass Milchsäure, Kreatin und wohl daraus Kreatinin aus dem Syntonin entstehen bei jener unter gelindem Oxydationseinfluss stattfindenden Spaltung, so könnte daraus wohl mancher wichtige Aufschluss erwartet werden, und es wäre eine in doppelter Beziehung werthvolle Methode für die physiologische Chemie gewonnen.

Niemand wird glauben, dass das sogenannte Syntonin, wie es künstlich aus Fleisch gewonnen wird, noch in jeder Beziehung dem Stoff gleiche, welcher die contractionsfähige Grundlage der Muskelfaser ausmacht; aber es liegt auf der anderen Seite auch gar kein zwingender Grund dazu vor, jenes Syntonin wegen der unbestreitbaren Möglichkeit manch-

facher erlittener Veränderungen nun auch sofort für durchaus verändert, durchaus verschieden von seinem ursprünglichen Zustande zu halten; und so würde es denn auch, wenn auch wohl unerwartet, doch nicht unplausibel sein, wenn das rein dargestellte Syntonin unter Anderem auch in der Beziehung noch die Eigenschaften des ursprünglichen Stoffes theilte, dass es unter Einwirkung gelinder allmählicher Oxydation dieselben Zersetzungsproducte liefert, welche bei der während der Thätigkeit des Muskels stattfindenden Oxydation auftreten. Unter diesen scheint die Milchsäure der am ersten, am leichtesten auftretende Körper zu sein, wie denn diese auch bei der langsamen Oxydation nach dem Tode des Muskels sofort entsteht und, wie die Untersuchungen Kühne's*) lehren, auch unmittelbar, wenn ein Muskel höherer Temperatur ausgesetzt wird, wobei er rasch alle die Veränderungen erleidet, welche bei niederer Temperatur langsam nach dem Tode eintreten. Ich habe gesehen, dass fast unmittelbar, nachdem das Syntonin in kochendes Wasser eingetragen worden war, saure Reaction eintrat. —

Ich werde nun fast fürchten müssen, die Wahrscheinlichkeit, dass das so eben vom Syntonin Berichtete sich bei weiterer Prüfung bestätigen werde, wieder herabzusetzen in den Augen mancher Leser durch die Mittheilung, welche ich ebenso wenig wie vorstehende verschweigen kann, dass das Casein beim Kochen mit Wasser, wahrscheinlich unter anderen, die gleichen Zersetzungsproducte mir lieferte, wie das Syntonin, nämlich ebenfalls zuerst Milchsäure und später auch Kreatinin.

Als ich beim Kochen des Caseins mit Wasser sofort stark saure Reaction eintreten sah, musste natürlich der Verdacht entstehen, dass es sich um irgend welche Verunreinigung, vielleicht anhaftenden Milchzucker handelte. Ich brachte daher das Casein auf ein Filter und wusch es mit kaltem Wasser einen Tag lang aus. Aber ganz hörte die saure Reaction des Waschwassers selbst dann nicht auf, von Milchzucker fand ich keine Spur, und als ich das Casein nun von Neuem kochte, erschien wie früher stets wachsende Menge freier Säure. Nach Entfernung der gelösten Spaltungsproducte, Pepton und Metapepton, wurden Proben des eingeengten Extracts mit kohlensaurem Zinkoxyd und mit kohlensaurem Kupferoxyd gekocht, worauf reichliche Krystallisationen von milchsaurem Zinkoxyd und milchsaurem Kupferoxyd erhalten

*) Archiv für Anatomie und Physiologie. 1859. p. 790 u. 791.

wurden, letztere aber characterisirten die Milchsäure als b Milchsäure. Leider hatte ich es versäumt und konnte es bisher nicht nachholen, von der aus dem Syntonin erhaltenen Milchsäure das Kupfersalz zur Vergleichung darzustellen. Die Menge der beim Kochen des Caseins entstehenden Milchsäure war bedeutend grösser, als die nach gleich langer Zeit aus der gleichen Menge Syntonin erhaltene, ob die Totalmengen auch so verschieden sind, weiss ich nicht: das Casein wird beim Kochen mit Wasser bedeutend rascher zerlegt, als das Syntonin. Allmählich nahm die saure Reaction des Caseinextracts ebenfalls ab, bevor die Spaltung vollendet war, und nach einiger Zeit fand sich, bei fortgesetztem Kochen, alkalische Reaction, wiederum ohne Spur von Fäulnisserscheinungen. Aus diesem alkalischen Extract wurden reichliche und schöne Krystallisationen von Chlorzink-Kreatinin erhalten, die mit derselben Sicherheit als solche angesprochen werden mussten, wie die entsprechenden aus dem Syntonin-Extract erhaltenen Krystalle. —

Sobald ich im Stande sein werde, diese Untersuchungen wieder aufzunehmen, werde ich versuchen, auch diesen Wahrnehmungen weitere Sicherheit zu verschaffen. —

Freiburg, März 1860.

(Fortsetzung folgt.)

Ueber Athmen im geschlossenen Raume.

Von

G. Valentin.

§. 1. Versuchsmethode.

Die in dieser Abhandlung mitgetheilten Untersuchungen sollten, wo möglich, kennen lehren, welchen Gang die chemischen Athmungserscheinungen einhalten, wenn sich das Thier in einem abgeschlossenen, mit Atmosphäre gefüllten Raume befindet, mithin die Einathmungsluft immer ärmer an Sauerstoff und reicher an Kohlensäure wird. Da es sich hier nicht bloss um das Endresultat, welches nach einer längeren Zeit oder bei der Erstickung auftritt, sondern auch um die allmähligen Veränderungen innerhalb einer gegebenen Periode handelte, so entsprachen jene Bemühungen einer Aufgabe, deren Lösung, so viel mir bekannt, mit den gegenwärtig zu Gebote stehenden Hülfsmitteln einer genauen eudiometrischen Analyse noch nicht versucht worden. Einzelne ältere und neuere Forscher haben sich nur mit der Analyse des Endgases, das sich in dem abgeschlossenen Athmungsraume vorfand, ausführlicher beschäftigt.

Die zu den Beobachtungen dienende Vorrichtung musste es der Natur der Sache nach gestatten, eine für die Analyse bestimmte Gasprobe zu einer beliebigen Zeit abzuzapfen und den Einfluss dieser Abnahme der Luftmenge des Athmungsbehälters zu bestimmen, ohne den Gang der Untersuchung zu stören. Da ich es bisweilen für nützlich hielt, das gleiche Thier in mehreren Versuchsreihen zu prüfen, so war es nöthig, jenes so rasch als möglich nach dem Schlusse der Beobachtung aus dem Athmungsbehälter zu entfernen, nachdem es in ihm dem Erstickungstode nahe gebracht worden. Eine ziemlich einfache Anordnung genügte allen diesen Bedingungen.

Ein mit drei Oeffnungen versehener Deckel von Eisenblech passte in zwei Athmungsbehälter, von denen der eine 11,048 und der andere 28,1 Liter Rauminhalt mit allen Nebenhöhlen besass. Man konnte daher ein kleineres oder ein grösseres athembares Luftvolumen dem Thiere zu Gebote stellen. Der weiche, aus Bleiweiss, Mennige, Terpentin und Leinöl bereitete Kitt, der zum Verschlusse diente, machte es möglich, dass ein Gehilfe den Deckel in 5 bis 10 Secunden abheben konnte. Thiere, die sich im Todeskampfe befanden, kamen daher noch rasch genug an die frische Luft. Die beabsichtigte Erholung ist auch nur ein Mal an einem Kaninchen missglückt.

Die eine seitliche Durchbohrung des Deckels führte ein luftdicht eingekittetes Manometer, das mit Quecksilber in den ersten und mit Oel in den späteren Versuchen theilweise angefüllt war. Wir werden die Ursachen und die Folgen dieses Wechsels der Anzeigeflüssigkeit im Verlaufe der Darstellung näher kennen lernen. Die zweite Oeffnung enthielt ein in den inneren Athmungsraum ragendes Thermometer. Dieses und die zur eudiometrischen Analyse benutzten Thermometer waren mit einem Normalthermometer verglichen und gleichmässig auf dasselbe zurückgeführt worden.

Die dritte mittlere Deckelöffnung enthielt den Ansatz für die Vorrichtung, die zur Abzapfung der Gasprobe diente. Ein in ihr eingekitteter Eisencylinder trug einen mit einem durchsetzenden Canale versehenen und rechtwinkelig gebogenen starken Eisendraht, dessen erster Arm senkrecht emporstieg, der andere freie daher wagerecht verlief. Ein Eisenwürfel, den wir den ersten nennen wollen, war mittelst eines hohlen cylindrischen Ansatzstückes an das Ende dieses horizontalen Theiles gekittet. Er hatte in seinem Inneren einen Hahn mit enger, rechtwinkeliger Durchbohrung, der der erste heissen möge und der nur eine Viertelsumdrehung gestattete, so dass man der Vollständigkeit des Schlusses oder der Oeffnung sicher sein konnte. Der den ersten Würfel durchsetzende Durchgangscanal, der auf diese Art unter einem rechten Winkel gebogen war und eine Fortsetzung des Canales des Eisendrahtes bildete, mündete oben in der Mitte einer verhältnissmässig starken Kreisscheibe, in die der erste Würfel oben auslief und die mit vier, unter 90^0 im Umkreise vertheilten Schraubenlöchern versehen war. Wurde der erste Hahn geöffnet, so stand, wie man sieht, der sonst hermetisch abgeschlossene Hohlraum des Athmungsbehälters mit der äusseren Atmosphäre oder jeder anderen mit jener Kreisplatte luftdicht vereinigten Höhle in Verbindung.

Der Abzapfungsapparat selbst enthielt eine weite cylindrische, an beiden Enden offene Glasröhre, die wir die Hauptröhre nennen wollen. Sie trug unten das schon in den Vagusuntersuchungen beschriebene und abgebildete, mit zwei Hähnen und zwei Cylindern versehene Ansatzstück, das zum Ueberfüllen der Gasmassen in die Eudiometer bestimmt ist. Ihr oberes Ende nahm einen Eisencylinder auf, von dem eine mit engem Lumen versehene rechtwinkelig gebogene gläserne Nebenröhre ausging. Der freie wagerechte Theil der letzteren verband sich mit einem zweiten Eisenwürfel, der dem ersten gleich war, einen ganz ähnlichen rechtwinkelig durchbohrten Hahn, den wir den zweiten nennen wollen, enthielt, und endlich in eine der früheren congruente, aber unten und nicht oben gelegene Kreisplatte überging. Die Durchbohrungen dieser letzteren entsprachen denen der ersten Kreisscheibe. Dieselben Löcher wiederholten sich an einer zwischen beiden einschaltbaren Lederscheibe, die überdies noch eine in dem Centrum befindliche Oeffnung für den Durchgangscanal darbot.

Wollte man eine Gasprobe abziehen, so bestrich man die Oberflächen der Lederplatte mit Oel und legte sie auf die erste oder untere Kreisscheibe so, dass die Löcher beider einander entsprachen. Die Scheibe des oberen Würfels, die nach unten gerichtet war, wurde dann auf ihr mit vier Schrauben luftdicht befestigt. Der untere Würfel ruhte dabei auf einem eigenen Holzgestelle, damit die Verkittung nirgends durch den bei dem Aufschrauben ausgeübten Druck leiden könne. Das ganze System des Abzapfungsapparates war vorher auf die später zu beschreibende Weise mit Quecksilber gefüllt worden. Nun öffnete man einen der beiden untersten Hähne und hierauf den zweiten (oberen) Hahn des aufgeschraubten Würfels. Schloss Alles luftdicht, so durfte gar kein oder höchstens ein Tropfen Quecksilber auslaufen. Gab man jetzt den ersten Hahn des unteren Würfels frei, so strömte das Quecksilber des Abzugsapparates in ein untergesetztes Gefäss ab, während ein entsprechendes Gasvolumen in jenen übertrat. Der Stand des Oelmanometers änderte sich in der Regel um eine merkliche und bisweilen um eine bedeutende Grösse, während natürlich der durch die Athmung des Thieres bedingte Gaswechsel fortdauerte.

Ich liess stets eine gewisse Menge von Quecksilber in der Glasröhre zurück, so dass ich den einen der Doppelhähne schloss, ehe Alles ausgelaufen war. Nun wurden die beiden Hähne der beiden Würfelstücke zugemacht und die zwei Kreis-

platten auseinander geschraubt. Das Gas war dann unten durch Quecksilber und den Doppelhahn, oben dagegen nur durch den zweiten Würfelhahn von der äusseren Luft abgeschlossen. Wollte man auch hier noch einen Quecksilberverschluss erzielen, so kehrte man die gesammte Vorrichtung um, so dass eine geringe Menge des Gases zwischen dem jetzt abwärts geflossenen Quecksilber und dem zweiten Würfelhahne in der mit dünner Höhlung versehenen, rechtwinkelig gebogenen Zwischenröhre abgesperrt war. Oeffnete man jetzt den Würfelhahn, so drang das Quecksilber in die Glasröhre und trieb die vorliegende Gasmasse aus. Füllte es jene vollständig, so schloss man den Hahn. Der vorgedrungene Theil des Quecksilbers blieb jetzt bei allen Stellungen des Apparates in dem schmalen Canale der Glasröhre haften. Stellte man das Ganze aufrecht, so war das Gas an beiden Seiten durch Quecksilber und durch gut schliessende Hähne abgesperrt. Man konnte auf diese Weise die Probe des Endgases beliebig lange ohne Nachtheil aufbewahren. Doppelanalysen, die ich versuchsweise anstellte, lehrten, dass keine wesentliche Veränderung noch nach Wochen eingetreten war.

Die gleichen Verfahrungsarten, die ich früher in ähnlichen Untersuchungen gebraucht und erläutert habe, dienten auch hier für die Ueberfüllung und die Analysen der Gasproben. Eine abermalige Darstellung derselben wäre daher überflüssig.

In den Vorstudien, die ich für diese Arbeit machte, versuchte ich eine Art von Kohlensäureeudiometer, die viel von theoretischer Seite zu versprechen schien. Eine cylindrische, oben geschlossene Glasröhre von mehr als 2 Centimeter im Durchmesser hatte unten ein langes, 7 Millimeter im Lichten haltendes Rohr angeschmolzen, auf dem eine Theilung von je $^3/_4$ Millimeter eingeätzt war. Man füllte das Ganze mit Quecksilber, stürzte es so um, dass die Oeffnung des Skalenrohres unter dem Quecksilberspiegel der Eudiometerwanne zu stehen kam, trieb das kohlensäurehaltige Gas ein, bis der innere Quecksilberspiegel an einem der oberen Grade des Skalenrohres stand, und gebrauchte sehr dünne, in Platindrahtspiralen eingeführte befeuchtete Kalicylinder zur Entfernung der Kohlensäure.

Ich besass drei Eudiometer der Art. Ein Grad des Skalenrohres entsprach im ersten $^1/_{1728}$ des Gesammtvolumens, das hier 38 CC. bis zum Ende der Theilung betrug. Das zweite gab in dieser Hinsicht $^1/_{2078}$ für $33^1/_4$ und das dritte $^1/_{2000}$ für 34 CC. Da man noch $^1/_{10}$ Grad mit dem Fernrohre schätzen konnte und immer das Gasvolumen dem bei weitem

grössten Theile des Gesammtvolumens entsprach, so schien die Hoffnung nicht unbegründet, auf diesem Wege genauere Kohlensäureprocente als bisher zu erhalten.

Die Erfahrung bestätigte die Vermuthung nicht. Ich analysirte in jenen Eudiometern theils künstliche Mischungen von Kohlensäure und Atmosphäre, theils Proben meiner Ausathmungsluft, die ich in einem kleinen Behälter aufgefangen und von da ohne Beimengung von Atmosphäre übergefüllt hatte. Eine und dieselbe Gasmischung wurde mindestens in zwei, bisweilen auch in alle drei Eudiometer gebracht. Die vergleichenden Analysen wurden gleichzeitig, mithin unter denselben Barometerständen und Temperaturen vollführt. Die Berechnung lehrte aber, dass die hier erhaltenen Procentwerthe um eben so viel wechselseitig abwichen, als die, welche ich durch meine gewöhnlichen, einfach cylindrischen, nach Graden von $^3/_4$ Mm. getheilten Eudiometer von 8 bis 11 Mm. innerem Durchmesser gewonnen hatte. Eine nähere Untersuchung der Einzelnheiten bestätigte den schon früher hervorgehobenen Satz, dass nicht die Ablesung der Luftvolumina, sondern die Temperaturbestimmungen die Hauptquelle der Beobachtungsfehler in solchen Untersuchungen bilden, vorausgesetzt, dass Alles für die Prüfung feinerer Verhältnisse eingerichtet ist.

Die Doppelanalysen, die ich in jenen Vorstudien machte, und die, welche aus den definitiven Untersuchungen in dem folgenden Paragraphen verzeichnet sind, bekräftigten, dass die Procentwerthe der Kohlensäure fast in allen zuverlässigen Analysen um weniger als $\pm$ 0,1 vom Mittelwerthe abwichen. Zehn solcher zwei- oder dreifacher Bestimmungen z. B., die man später finden wird, geben einen Unterschied von $\pm$ 0,01 % als Minimum und $\pm$ 0,09 als Maximum. Nur die eilfte Doppelanalyse hat $\pm$ 0,12 %. Wir werden daher in den meisten Fällen nicht irren, wenn wir den in diesen Untersuchungen gefundenen Procentwerthen der Kohlensäure bis auf 0,2 % Vertrauen schenken.

Die mehrfachen Analysen pflegen kleinere Irrungen für den Sauerstoff zu geben. Man hat meist weniger als $\pm$ 0,05 % für den Sauerstoffgehalt der Atmosphäre und etwas mehr für Gasmischungen mit so geringem Sauerstoffgehalt, dass ein Zusatz von Knallgas vor der Verpuffung nöthig wird. Wir wollen daher, um sicher zu gehen, 0,2 % auch hier als verdächtig betrachten. Enthält die Gasmischung nur Kohlensäure, Sauerstoff und Stickstoff, so wird der Werth des letzteren, der durch Subtraction gefunden wird, um 0,4 % unsicher

bleiben, da sich die Kohlensäure- und die Sauerstofffehler in einseitigem Sinne addiren können. Wir haben es hier meistentheils mit Luftmischungen zu thun, die ungefähr $^4/_5$ Stickstoff enthalten, und können daher annehmen, dass $^1/_{200}$ der letzteren zweifelhaft bleibt, sofern man nur die eudiometrische Analyse in Betracht zieht.

Das System, welches zur Umfüllung der Gasprobe diente, besass einen schädlichen Raum zwischen den beiden Hähnen der zwei aneinander geschraubten Würfelstücke. Die Grösse desselben war in der von mir gebrauchten Vorrichtung möglichst verkleinert worden. Der Durchmesser des Canales betrug 2 Millimeter und die Höhe desselben in jedem Würfelstücke (die Bohrung des Hahnes mitgerechnet) 16 Mm. Das Gesammtvolumen des schädlichen Raumes glich daher $^1/_{10}$ CC. Da die abgezapfte Gasprobe 31 bis 34 CC. betrug, so hätte eine Beimischung von $^1/_{10}$ CC. Atmosphäre zu dem Endgase keine merklichen Fehler herbeiführen können. Die bald zu erwähnende Füllungsart bedingte es jedoch, dass die obere Hälfte des schädlichen Raumes zum Theil Quecksilber enthielt. In die untere drängte sich mehr oder minder Oel hinein. Der nachtheilige Einfluss des Ganzen war daher nur um so unbedeutender.

Die Füllung des Abzugsapparates mit Quecksilber musste so eingerichtet werden, dass keine irgend störende Menge von Atmosphäre in der Vorrichtung zurückblieb. Man erreichte dieses durch ein Verfahren, dessen Beschreibung für künftige ähnliche Fälle nicht überflüssig scheint. Wir sahen, dass die Abzugsröhre an einem Ende mit einer gläsernen, mit engem Lumen versehenen Knieröhre verbunden war, die den zweiten Würfel mit seinem Hahne und der Kreisscheibe trug. Das andere Ende führte das zum Ueberfüllen des Gases bestimmte Ansatzstück, das zwei Hähne und zwei Eingusscylinder besass. Man stellte nun die Hauptröhre senkrecht und zwar mit dem letzteren Ansatzstücke nach oben gerichtet, öffnete die beiden Hähne desselben, während der des Würfels geschlossen blieb, und goss Quecksilber durch einen Cylinder ein, bis die Hauptröhre gefüllt war. Eine gewisse Menge von Luft blieb in dem rechtwinkeligen Ansatzrohre gefangen. Wurde nun der Hahn des Würfels geöffnet, so verdrängte das hinabsinkende Quecksilber die Gasmasse der Knieröhre und trat endlich, wie ein Springbrunnen, zur Oeffnung der Kreisscheibe hervor. Schloss man jetzt den Hahn des Würfels, so war nicht nur das Lumen der Knieröhre mit Quecksilber gefüllt, sondern dieses blieb auch in dem engen Canale zwischen der Oberfläche

der Kreisscheibe und der des geschlossenen Hahnstückes, so wie der Bohrung des letzteren (also fast der Hälfte des oben erwähnten schädlichen Raumes) durch Adhäsion zurück. Da aber eine gewisse Menge von Atmosphäre durch das Auslaufen von Quecksilber in die Hauptröhre gedrungen war, so goss man Quecksilber durch die eine Cylinderröhre des Ansatzstückes nach, bis nur eine verhältnissmässig kleine Luftblase zurückblieb. Man schloss alsdann die zwei Hähne des Ansatzstückes und benutzte die in der Hauptröhre zurückgebliebene Luftblase, um diese gleichsam auszuwaschen, d. h. durch Neigungen, die den Manipulationen mit tropfbaren Flüssigkeiten entsprachen, alle zwischen dem Quecksilber und der Glaswand haftenden Luftbläschen in die grosse auswaschende Blase übergehen zu lassen. Dieses Verfahren eignet sich auch, beiläufig gesagt, besser für die Behandlung der Eudiometer, als der Gebrauch eines Retortentrichters oder das Herausnehmen der anhaftenden Gasblasen mit einem Eisendrahte. Hatte man das Auswaschen der Hauptröhre vollendet, so öffnete man die beiden Hähne des oberen Ansatzstückes, neigte dieses schief, so dass der eine Cylinder höher als der andere stand, und goss durch den tieferen Quecksilber langsam ein, bis es zum anderen herauslief. Die Neigung hatte zum Zweck, eine etwa noch vorhandene Gasblase unter den höheren Cylinder zu bringen und sie durch das nachgegossene Quecksilber auszutreiben. Befolgt man dieses Verfahren, so kann man sicher sein, dass keine merklichen Beobachtungsfehler durch den Abzapfungsapparat bedingt werden.

Anders verhält es sich hingegen mit der Gasmasse, die dem Athmungsbehälter angehört. Das Manometer und vorzüglich die Temperaturbestimmungen führen hier zu Irrungen, die einen beträchtlichen Einfluss ausüben können.

Ich hatte zuerst das zweischenkelige Manometer, wie gewöhnlich, mit Quecksilber gefüllt und den Stand desselben mit dem Fernrohre abgelesen. Der Verlauf der Untersuchungen überzeugte mich, dass man hierdurch die Druckunterschiede der Luft im Athmungsbehälter und der äusseren Atmosphäre mit dem wünschenswerthen Grade von Feinheit nicht verfolgen könne. Die Ursache lag nicht darin, dass trotz der Fernrohrablesung Parallaxenfehler eingriffen, die grösser als manche der zu beobachtenden Unterschiede ausfielen, sondern dass diese oft innerhalb der Grenzen der Fehler lagen, die das Auge bei der Schätzung von Bruchtheilen von Millimetern begeht. So ungern ich es nun auch in mancher anderen Beziehung that, so vertauschte ich doch von der achten Versuchsreihe an das

Quecksilbermanometer mit einem kleinen zweischenkeligen Oelmanometer. Da ich ausgefrorenes, fast farbloses Olivenöl nahm, so erhielt ich einen Ausschlag von 14,7 Mm. Oel statt eines Millimeters Quecksilber. Nur auf diesem Wege war es möglich, den raschen, bisweilen eintretenden Volumenswechsel der Luft bei dem Athmen im geschlossenen Raume mit Sicherheit zu erkennen.

Der Gebrauch des Oel- statt des Quecksilbermanometers hat vorzüglich zweierlei Nachtheile. Die Adhäsion des Oeles an den Glaswänden bedingt ein minder pünktliches Steigen, vorzüglich wenn sich der Druckunterschied langsam ändert. Gesetzt man irrte aber auch hierdurch um einige Millimeter Oeldruck, so beträgt dieses immer noch weniger als die Fehler, die man bei dem Quecksilbermanometer begeht. Der zweite Nachtheil ist der, dass das Oel ein bedeutender Absorbent der Kohlensäure ist. Ich suchte daher das Manometer so klein, als es sonst ging, herzustellen. Der Durchmesser seines kreisförmigen Lumenquerschnittes glich 5 Millimeter und die ganze in ihm enthaltene Oelmenge betrug 2 Cubikcentimeter. Diese würde also $3^1/_2$ CC. Kohlensäure unter den günstigsten Bedingungen aufgenommen haben. Hier, wo nur der eine Oelspiegel mit der kohlensäurereichen Luft des Athmungsbehälters, der andere aber mit der Atmosphäre zusammenstiess, und die Flüssigkeit ruhig blieb, trat natürlich viel weniger über. Der auf diese Art bedingte Fehler ist in Verhältniss zu den am Ende vorhandenen Kohlensäuremengen so gering, dass keiner der späteren Schlüsse geändert würde, wenn selbst die Absorption des Oeles ihre grösste Höhe erreicht hätte.

Die Volumenbestimmungen der in dem Athmungsbehälter enthaltenen Luftmenge fussen auf drei Grundlagen, die mehr oder minder bedeutende Fehler in die entsprechenden Werthe einführen, der Annahme, die man für das Volumen des Thieres und der etwa mitgegebenen Nahrung macht, dem Wechsel des Standes des Manometers und der für die Berechnung angenommenen Temperatur. Ich habe die Eigenschwere der Thiere und des den Mäusen und Ratten beigegebenen Brotes der Einheit gleichgesetzt. Der hierdurch begangene Irrthum tritt den anderen Fehlerquellen gegenüber zurück und ist unzweifelhaft ohne Einfluss auf die später gezogenen Schlussfolgerungen.

Das Thier, das sich an dem Boden des Athmungsbehälters befindet, bildet einen fortwährend warm gehaltenen, seiner Grösse und Stellung nach mehr oder minder emporragenden

Körper, der die umgebende, in allen unseren Versuchen kältere Luft und die Wände des Athembehälters nach und nach erwärmt. Man hat daher ungleiche Temperaturen in den verschieden hohen Luftschichten zu erwarten, so lange der Inhalt des Athmungsbehälters kälter als das Thier ist. Wie ich schon an einem anderen Orte bemerkte, täuscht man sich, wenn man diesen Umstand und die Temperaturcorrectionen überhaupt zu beseitigen glaubt, wenn man den Athmungsbehälter mit Wasser umgiebt und zu diesem am Ende des Versuches so viel kalte oder warme Flüssigkeit zusetzt, bis das Ganze die Anfangswärme darbietet. Das Aufhängen verschiedener Thermometer in ungleichen Höhen des Athmungsraumes gewährt auch keine Sicherheit dafür, dass man einen wahrheitsgemässen Mittelwerth der Wärmegrade der Berechnung zum Grunde legt. Das Einfachste bleibt immer, ein Thermometer in den oberen Theil des Athmungsraumes hineinragen zu lassen und die Grösse der Fehlerquellen durch besondere Versuche, so weit es angeht, festzustellen.

Ich schloss den von mir gebrauchten Athmungsbehälter hermetisch, beobachtete seinen Gang im Zimmer an verschiedenen Tagen und unter ungleichen Barometerständen und setzte ihn später mit seinem unteren Theile das eine Mal in Schnee und das andere Mal in erwärmten Sand. Die Unterschiede der berechneten Normalvolumina belehrten über die Grössen der Fehlerquellen, je nach der Verschiedenheit des Wechsels der Wärmegrade, die das Thermometer, und der Druckunterschiede gegen die äussere Atmosphäre, die das Manometer anzeigte. Die Innenwände des Athmungsbehälters waren so sehr befeuchtet, dass die eingeschlossene Luft immer mit Wasserdämpfen gesättigt blieb.

Berücksichtigte man die Grenzen der Temperaturunterschiede, die innerhalb einer und derselben Versuchsreihe in den im folgenden Paragraphen verzeichneten Beobachtungen auftraten, so fand sich, dass die Normalvolumina um weniger als $\pm\,{}^1/_{60}$ im ungünstigsten Falle innerhalb Temperaturschwankungen von 9^0 abwichen, mochten die absoluten Werthe der Ausgangs- und der Endpunkte der Wärmegrade zwischen den in unseren Versuchen vorkommenden Grenzen (5^0 C. bis $26^0{,}6$ C.) liegen wie sie wollen. Da nur vier Beobachtungs-Reihen (Vers. 13, 15, 17 u. 18) Schwankungen von $7^0{,}3$ bis $7^0{,}8$ C., die übrigen dagegen blos solche von $0^0{,}2$ bis $5^0{,}2$ C. darboten, so erhellt, dass die für den Anfang und das Ende jeder Versuchsperiode berechneten Normalvolumina der Luft des Athembehälters bis auf weniger als $\pm\,{}^1/_{60}$ richtig sein

dürften. Der Stickstoff, der $^4/_5$ bis $^9/_{10}$ des Ganzen ausmacht, ist vorzugsweise von diesen Abweichungen getroffen. Wir werden nach jenem Maassstabe und den schon früher erwähnten Irrungsgrössen der Procentbestimmungen des Stickstoffes beurtheilen können, ob sich die Menge dieses Körpers durch die Athmung wesentlich geändert hat oder nicht.

§. 2. Beobachtungen.

Die Gewichte beziehen sich auf die Einheit des Kilogrammes und die Volumina auf die des Liters. Alle die letzteren betreffenden, ohne Weiteres angeführten Zahlen entsprechen einem Normalvolumen von 760 Mm. auf 0^0 C. zurückgeführten Barometers, 0^0 C. und dem trockenen Zustande.

Der Kürze wegen nennen wir:

K. das Körpergewicht des Thieres oder der Thiergruppe. Da überall die Eigenschwere der Einheit ohne merklichen Fehler gleichgesetzt werden konnte, so entspricht auch der das Körpergewicht ausdrückende (in Kilogrammeinheiten bestimmte) Zahlenwerth dem nach Liter gemessenen Volumen.

L. ist das im Anfange zu Gebote stehende Volumen der athembaren Atmosphäre, nicht auf Normalvolumen zurückgeführt, sondern den gleichzeitigen Werthen des Barometers und der Temperatur und dem mit Wasserdampf gesättigten Zustande entsprechend.

N. drückt den relativen Werth der athembaren Luft in Bezug auf das Volumen des Thieres oder die Grösse $\frac{L}{K}$ aus, die einen unächten Bruch in allen Versuchen bildete.

D. ist die Gesammtdauer eines Versuches oder einer Versuchsreihe.

Während die einzelnen Gase mit ihren gewöhnlichen chemischen Symbolen (Kohlensäure mit $\dot{C}$, einfach Kohlenwasserstoff mit CH, Wasserstoff mit H, Sauerstoff mit O und Stickstoff mit N) bezeichnet werden, bedeutet

P. die in Procentwerthen ausgedrückte Zusammensetzung der Endluft, wie sie sich aus der Berechnung der Werthe der eudiometrischen Analyse ergab. Der ursprünglichen Atmosphäre wurden jedes Mal 0,05 % Kohlensäure, 20,96 % Sauerstoff und 78,99 % Stickstoff zugeschrieben.

A. V. sind die absoluten Normalvolumina des Endgases (E.) und der einzelnen Bestandtheile desselben, wie sie aus der

Combination des letzteren mit den Procentwerthen hervorgehen.

$+$ R. C̈, $+$ R. CH., $+$ R. H. und $-$ R. O. bezeichnen die absoluten, in Litern Normalvolumen ausgedrückten Mengen der ausgehauchten Kohlensäure, des frei gewordenen Kohlenwasserstoffes oder Wasserstoffes und des verzehrten Sauerstoffes. $\pm$ R. N. ist der auftretende Stickstoffunterschied, nach den gleichen Volumenseinheiten gemessen. Endlich heisst

Kgm. St. in Grm. die auf ein Kilogramm Thier und eine Stunde Athmung kommende durchschnittliche, in Grammen ausgedrückte Menge der einzelnen Gase.

B. der auf 0^0 C. zurückgeführte Barometerstand in Mm.,

T. die in Celsiusgraden ausgedrückte Temperatur und

M. die Schwankung des Manometerstandes in Millimetern Quecksilber berechnet.

Erste Versuchsreihe.

Sechs Frösche. (R. esculenta.)

K. 0,168. L. 27,932. N. 166,3. D. 4 Tage.

Zwei der Thiere starben am letzten Tage. Man entnahm eine zur eudiometrischen Analyse bestimmte Luftprobe nach je 24 Stunden.

Zeit des Aufenthaltes in Tagen.	P.				
	C̈.		O.		N.
1	1,35 1,20	1,27	17,94 18,11	18,03	80,70
2	2,59 2,53	2,56	16,56 16,63	16,60	80,84
3	4,63 4,57	4,60	14,30		18,10
4	5,69 5,51	5,60	12,02		82,38

Zeit des Aufenthaltes in Tagen.	A. V.						
	B.	M.	T.	E.	C̈.	O.	N.
0	715,43	0,00	$23^0,3$	23,517	0,012	4,929	18,576
1		$+0,4$	$26^0,0$	23,180	0,294	4,179	18,706
2	713,25	$+0,7$	$25^0,4$	23,312	0,597	3,869	18,846
3	712,99	$+0,4$	$26^0,6$	23,151	1,065	3,311	18,775
4	714,85	$+0,8$	$26^0,1$	23,297	1,304	2,800	19,193

Tag.	R.			Kgm. St. in Grm.	
	+ C̈.	— O.	± N.	+ C̈.	— O.
Erster	0,282	0,750	+ 0,130	0,139	0,267
Zweiter	0,303	0,310	+ 0,140	0,149	0,110
Dritter	0,468	0,558	— 0,071	0,230	0,199
Vierter	0,239	0,511	+ 0,418	0,117	0,182

Der am Ende des letzten benutzten Versuchstages eingetretene Tod der zwei Frösche rührte hiernach weder von einem Uebermaasse des Kohlensäuregehaltes der Endluft, noch von Sauerstoffmangel her. Er dürfte eher durch die unzureichende Menge tropfbar flüssigen Wassers in der unmittelbaren Umgebung der Thiere bedingt worden sein.

Zweite Versuchsreihe.

Gemeine Natter.

K. 0,090. L. 28,010. N. 333,7. D. 10 Tage.

Da das Thier die letzten Tage seines Lebens Stunden lang wie todt da lag, so bezeichnete ich die Gegend des Behälters, die dem Orte des Kopfes entsprach, mit einer Marke, um so über seine in meiner Abwesenheit vorgenommenen Stellungsveränderungen Aufschluss zu erhalten. Es ergab sich, dass die Schlange in den letzten drei bis vier Tagen nur durchschnittlich alle 4 bis 6 Stunden ihre Lage gewechselt hatte und bisweilen mehr als 12 Stunden, besonders des Nachts, ruhig geblieben war. Es kam dabei von Zeit zu Zeit vor, dass die Lungengegend durch eine tiefe Einathmung beträchtlich anschwoll. Das Thier entleerte eine nicht unbedeutende Menge von Harn und Koth einen Tag vor dem Tode. Es regte sich zum letzten Male ungefähr eine Viertelstunde nach der dem 10tägigen Aufenthalte entsprechenden letzten Abzapfung des Gases.

Zeit des Aufenthaltes in Tagen.	P.		
	C̈.	O.	N.
1	1,42 / 1,58 } 1,50	19,13	79,37
2	2,39 / 2,50 } 2,45	17,85 / 17,65 } 17,75	79,80
3	2,84 / 2,95 } 2,90	17,05 / 16,95 } 17,00	80,10

Zeit des Aufenthaltes in Tagen.	P.		
	Ö.	O.	N.
4	3,30 / 3,27 } 3,29	16,24 / 16,05 } 16,15	80,56
5	4,57	14,08 / 13,97 } 14,03	81,40
6	4,88 / 4,72 } 4,80	14,06 / 13,90 } 13,98	81,22
7	5,56 / 5,67 / 5,78 } 5,67	13,52	80,82
8	6,50 / 6,49 } 6,50	12,38	81,12
10	6,72	11,70	81,58

Zeit d. Aufenthaltes in Tagen.	A. V.						
	B.	M.	T.	E.	Ö.	O.	N.
0	716,03	0,0	21°,0	9,338	0,005	1,957	7,376
1	715,60	— 0,2	22°,7	9,250	0,139	1,769	7,342
2	715,74	+ 0,2	22°,0	9,291	0,228	1,649	7,414
3	714,82	+ 0,3	21°,5	9,303	0,270	1,581	7,452
4	716,13	+ 0,4	20°,2	9,381	0,309	1,515	7,557
5	717,03	+ 0,4	19°,0	9,450	0,432	1,326	7,692
6	715,78	+ 0,4	18°,2	9,476	0,456	1,324	7,696
7	715,76	+ 0,8	18°,3	9,471	0,536	1,280	7,656
8	716,12	+ 0,4	18°,5	9,461	0,615	1,172	7,674
10	716,23	— 0,2	18°,4	9,435	0,634	1,104	7,697

Tag.	R.			Kgm. St. in Grm.	
	+ Ö.	— O.	± N.	+ Ö.	— O.
Erster	0,134	0,198	— 0,034	0,123	0,132
Zweiter	0,089	0,120	+ 0,072	0,082	0,080
Dritter	0,042	0,068	+ 0,038	0,039	0,045
Vierter	0,039	0,066	+ 0,105	0,036	0,044
Fünfter	0,123	0,189	+ 0,135	0,113	0,126
Sechster	0,024	0,002	+ 0,004	0,022	0,001
Siebenter	0,080	0,044	— 0,040	0,073	0,029
Achter	0,079	0,108	+ 0,018	0,072	0,072
Zehnter	0,019	0,068	+ 0,023	0,017	0,045

Dritte Versuchsreihe.

Junges graues Kaninchen.

K. 1,065. L. 9,983. N. 9,4. D. Von 2 U. 16 M. bis 4 U. 16 M.

2 U. 36 M. 98
2 U. 42 M. 96
3 U. 3 M. 100
3 U. 24 M. 101
4 U. 12 M. 95
} Athemzüge in 1 M.

So wie die Athmung beschwerlicher wurde, gesellten sich lebhafte Bewegungen der Umgebungen der Nasenlöcher zu dem raschen Auf- und Niedergehen der Bauchdecken. Das Kaninchen zog auch später den Kopf bei dem Athmen vor und zurück, wurde sehr unruhig, und lag zuletzt mit ausgestreckten Beinen und matten Augen bei schwachen Bewegungen der Bauchdecken da. Nachdem es sogleich nach dem Schlusse der Beobachtung an die freie Luft gebracht worden, blieb es zuerst, wie gelähmt, am Boden, erholte sich aber in wenigen Minuten so vollständig, dass es nach kaum einer Viertelstunde ziemlich rasch herumlief.

Zeit des Aufenthaltes in Minuten.	P.		
	C.	O.	N.
32	5,22	13,50	81,28
60	8,71	10,50	80,79
92	11,46 11,49 } 11,48	6,09	82,43
120	13,96 14,19 } 14,08	3,94 4,12 } 4,03	81,89

Zeit d. Aufenthaltes in Minuten.	A. V.						
	B.	M.	T.	E.	C.	O.	N.
0	714,68	+ 0,6	21°,8	8,464	0,004	1,774	6,686
32			23°,7	8,400	0,439	1,134	6,827
60			23°,2	8,404	0,732	0,882	6,790
92				8,404	0,965	0,512	6,789
120		+ 0,1	23°,3	8,404	1,183	0,339	6,882

Zeitabschnitt.	R.			Kgm. St. in Grm.	
	+ C.	− O.	± N.	+ C.	− O.
Erster von 32 Min.	0,435	0,640	+ 0,141	1,516	1,618
Zweiter v. 28 Min.	0,293	0,252	− 0,037	1,168	0,728
Dritter v. 32 Min.	0,233	0,370	− 0,001	0,812	0,936
Vierter v. 28 Min.	0,218	0,179	+ 0,093	0,713	0,517

Vierte Versuchsreihe.

Dasselbe Kaninchen (am folgenden Tage).

K. 1,095. L. 9,953. N. 9,0. D. Von 1 U. 4 M. bis 4 U. 2 M.

1 U. 58 M.	97	Athemzüge in 1 M.
2 U. 10 M.	100	
2 U. 30 M.	94	
3 U. 1 M.	96	
3 U. 20 M.	92	
3 U. 36 M.	98	
3 U. 46 M.	86	
3 U. 50 M.	84	
3 U. 56 M.	81	

Das Athmen ging schon mit auffallenden Beschwerden vor sich, als das Thier 48 Minuten in dem Behälter verweilt hatte, die Umgebungen der Nasenlöcher spielten dann auf das Lebhafteste. Die das Athmen begleitenden Kopfbewegungen traten zwischen 48 und 79 Minuten des Aufenthaltes ein. Man hatte später das schon in dem vorigen Versuche erwähnte Hinsinken des Thieres. Der ganze Körper ging bei dem Athmen hin und her und das Kaninchen drehte sich noch einige Male liegend im Behälter herum, nachdem es $^7/_4$ Stunden in dem eingeschlossenen Luftraume verweilt hatte. Der Collapsus nahm in der letzten Viertelstunde dermaassen zu, dass man den Eintritt des Todes jeden Augenblick erwarten konnte.

Zeit des Aufenthaltes in Minuten.	P.		
	C.	O.	N.
35	6,67	14,15	79,18
70	9,78	9,03	81,19
105	13,43	5,12	81,45
140	15,77	2,45	81,78

Zeit d. Aufenthaltes in Min.	A. V.						
	B.	M.	T.	E.	C̈.	O.	N.
0	714,12	0,0	22°,4	8,383	0,004	1,757	6,622
35		+ 1,1	25°,0	8,267	0,551	1,170	6,546
70		+ 1,2	24°,9	8,274	0,809	0,747	6,718
105		+ 1,0	25°,0	8,273	1,111	0,424	6,738
140		+ 0,9	24°,7	8,309	1,310	0,204	6,795

Perioden von je 35 Min.	R.			Kgm. St. in Grm.	
	+ C̈.	— O.	± N.	+ C̈.	— O.
Erste	0,547	0,587	— 0,076	1,696	1,049
Zweite	0,258	0,423	+ 0,172	0,800	0,756
Dritte	0,302	0,323	+ 0,020	0,936	0,577
Vierte	0,199	0,220	+ 0,057	0,617	0,393

Fünfte Versuchsreihe.

Altes gelbbraunes Kaninchen.

K. 2,302. L. 8,746. N. 3,8. D. Von 9 U. 18 M. bis 10 U. 18 M.

9 U. 39 M. 124
9 U. 52 M. 148 } Athemzüge in 1 M.
10 U. 12 M. 92

Die Zeichen der Athemnoth stimmten mit denen des früheren Kaninchens. Da das Thier heller gefärbt war, so fiel hier zuletzt die tiefe Bläue der Ohren und der Lippen in hohem Grade auf. Das Kaninchen erholte sich bald im Freien vollständig.

Zeit des Aufenthaltes in Minuten.	P.		
	C̈.	O.	N.
15	4,32	14,61	81,07
30	6,87	11,17	81,96
45	9,38	7,69	82,93
60	12,15	4,31	83,54

Zeit d. Aufenthaltes in Min.	A. V.						
	B.	M.	T.	E.	Ċ.	O.	N.
0	714,14	0,0	19°,3	7,515	0,004	1,575	5,936
15		0,0	22°,7	7,368	0,318	1,076	5,974
30		+ 0,3	23°,2	7,353	0,505	0,821	6,027
45		— 0,5	23°,5	7,334	0,688	0,564	6,082
60		+ 0,5	24°,3	7,313	0,889	0,315	6,109

Perioden von 15 Min.	R.			Kgm. St. in Grm.	
	+ Ċ.	— O.	± N.	+ Ċ.	— O.
Erste	0,314	0,499	+ 0,038	1,081	1,246
Zweite	0,187	0,255	+ 0,053	0,644	0,637
Dritte	0,183	0,257	+ 0,055	0,630	0,642
Vierte	0,201	0,149	+ 0,027	0,692	0,372

Sechste Versuchsreihe.

Das gleiche Kaninchen (einen Tag später).

K. 2,219. L. 8,829. N. 3,98. D. Von 8 U. 25½ M. bis 9 U. 40 M. oder 74½ M.

8 U. 36 M. 104
8 U. 43 M. 72
8 U. 55 M. 76 } tiefere } Athemzüge in 1 M.
9 U. 14 M. 90
9 U. 34 M. 68

Obgleich die Lippen und die Ohren schon um 8 U. 55 M. tiefblau, die grösseren Ohrgefässe mit dunkelem Blute stark gefüllt waren, das Thier die Nasenlöcher weit öffnete und das Athmen mit ausgiebigen Körperbewegungen begleitete, so kam es doch noch vor, dass es von Zeit zu Zeit die Pfoten beleckte. Es athmete schon um 9 U. 14 M. nur mit zurückgebogenem und nach oben gewendetem Kopfe und schnappte hin und wieder nach Luft mit weit geöffnetem Munde, wurde in der Folge unruhiger, drehte sich häufig herum und richtete sich hin und wieder nur auf den Hinterbeinen empor. Die Augen thränten und wurden matter. Das Kaninchen sank um 9 U. 38 M. zusammen, athmete dann 8 Mal in 10 Secunden mit weit geöffnetem Munde, schrie intensiv und bekam endlich Krämpfe um 9 U. 39 M. Es lag, nachdem es bald

darauf an die freie Luft gebracht worden, wie todt da, fing aber nach einiger Zeit schwach zu athmen an und hatte sich alsdann in wenigen Minuten so weit erholt, dass es einige Schritte vorwärts lief, wenn man die Hinterbeine reizte. Eine Viertelstunde später schien das Kaninchen vollkommen munter zu sein.

Misslicher Weise ereignete sich ein Unfall bei dem Abzapfen des Endgases. Ich cassirte daher diesen Versuch gänzlich und wiederholte die Beobachtung am Nachmittage desselben Tages.

K. 2,195. L. 8,853. N. 4,0. D. Von 2 U. 15 M. bis 3 U. 20 M.

Die Lippen und die Ohren waren jetzt schon nach einem Aufenthalte von 5 bis 10 Minuten in dem geschlossenen Raume merklich blau. Der Kopf wurde um 3 U. 0 M. nach hinten und oben gezogen und der ganze Körper bewegte sich zugleich bei dem Athmen hin und her. Das Kaninchen schrie mehrere Male intensiv um 3 U. 17 M., sank hierauf zusammen und machte noch um 3 U. 19½ M. einige Athemzüge, wie man an den Bewegungen der Bauchdecken wahrnahm. Obgleich ein Gehilfe das Thier unmittelbar nach der um 3 U. 20 M. erfolgten Abzapfung des Gases an die Luft brachte, so erholte es sich doch nicht mehr.

Zeit des Aufenthaltes in Minuten.	P.		
	C̈.	O.	N.
18½	4,76	14,13	81,11
37	7,75	8,69	83,56
55½	10,82	4,11	85,07
65	12,62	2,19	85,19

Zeit d. Aufenthaltes in Min.		A. V.					
	B.	M.	T.	E.	C̈.	O.	N.
0	710,99	0,0	17°,3	7,627	0,004	1,599	6,024
18½		+ 0,1	20°,7	7,563	0,360	1,069	6,134
37		0,0	21°,6	7,530	0,584	0,654	6,292
55½		— 0,1	22°,5	7,432	0,804	0,306	6,322
65		0,0	22°,5	7,433	0,938	0,163	6,332

Perioden.	R.			Kgm. St. in Grm.	
	+ C̈.	— O.	± N.	+ C̈.	— O.
Erste von 18½ M.	0,356	0,530	+ 0,110	1,034	1,120
Zweite v. 18½ M.	0,224	0,415	+ 0,158	0,651	0,877
Dritte v. 18½ M.	0,220	0,348	+ 0,030	0,639	0,735
Vierte von 9½ M.	0,134	0,143	+ 0,010	0,758	0,588

Siebente Versuchsreihe.

Junges graues Kaninchen.

K. 1,161. L. 26,938. N. 23,2. D. Von 9 U. 2½ M. bis 10 U. 2½ M.

9 U. 9 M. 84
9 U. 44 M. 100 } Athemzüge in 1 M.
10 U. 0 M. 98

Zeit des Aufenthaltes in Minuten.	P.		
	C̈.	O.	N.
15	1,31	19,31	79,38
45	3,29	17,41	79,30
60	3,88	16,71	79,41

Zeit d. Aufenthaltes in Min.	A. V.						
	B.	M.	T.	E.	C̈.	O.	N.
0	714,59	0,0	16°,6	23,487	0,012	4,923	18,552
15		— 0,3	17°,8	23,266	0,305	4,493	18,468
45		+ 0,3	18°,8	23,169	0,762	4,034	18,373
69		+ 0,1	19°,1	23,129	0,897	3,865	18,367

Perioden.	R.			Kgm. St. in Grm.	
	+ C̈.	— O.	± N.	+ C̈.	— O.
Erste von 15 M.	0,293	0,430	— 0,084	1,999	2,128
Zweite von 30 M.	0,457	0,459	— 0,095	1,559	1,136
Dritte von 15 M.	0,135	0,169	— 0,006	0,921	0,836

Achte Versuchsreihe.

Anderes junges graues Kaninchen.

K. 1,263. L. 26,836. N. 21,2. D. Von 2 U. 14 M. bis 3 U. 14 M.

2 U. 25 M. 84
2 U. 39 M. 104
2 U. 53 M. 82
3 U. 7 M. 72 mit Betheiligung der Bauchmuskeln vollführte

} Athemzüge in 1 M.

Zeit des Aufenthaltes in Minuten.	P.		
	C.	O.	N.
15	1,81	19,08	79,11
45	3,71	16,24	80,05
60	4,32	15,48	80,20

Zeit des Aufenthaltes in Min.	A. V.						
	B.	M.	T.	E.	C.	O.	N.
0	714,68	0,0	16°,2	23,363	0,012	4,897	18,454
15		+ 1,93	18°,2	23,206	0,420	4,427	18,359
45		+ 0,72	18°,5	23,132	0,858	3,757	18,517
60		— 0,76	18°,7	23,062	0,996	3,570	18,496

Perioden.	R.			Kgm. St. in Grm.	
	+ C.	— O.	± N.	+ C.	— O.
Erste von 15 M.	0,408	0,470	— 0,095	2,583	2,138
Zweite von 30 M.	0,438	0,670	+ 0,158	1,374	1,524
Dritte von 15 M.	0,138	0,187	— 0,021	0,866	0,851

Neunte Versuchsreihe.

Dasselbe Kaninchen.

K. 1,268. L. 9,780. N. 7,7. D. Von 9 U. 31 M. bis 10 U. 23½ M.

9 U. 39 M. 100
9 U. 58 M. 72 mühsame
10 U. 12 M. 70 mit sichtlicher Bewegung der
10 U. 23 M. 66 Bauchdecken vollführte

} Athemzüge in 1 M.

Zeit des Aufenthaltes in Minuten.	P.		
	C.	O.	N.
$22^1/_2$	1,67	18,97	79,36
$52^1/_2$	4,04	16,19	79,77

Zeit d. Aufenthaltes in Min.		A. V.					
	B.	M.	T.	E.	C.	O.	N.
0	716,79	0,00	17°,8	8,476	0,004	1,776	6,695
$22^1/_2$		+ 1,10	18°,6	8,457	0,141	1,604	6,712
$52^1/_2$		— 1,25	18°,5	8,441	0,341	1,366	6,734

Perioden.	R.			Kgm. St. in Grm.	
	+ C.	— O.	± N.	+ C.	— O.
$22^1/_2$	0,137	0,172	+ 0,017	0,571	0,520
30	0,200	0,238	+ 0,022	0,625	0,539

Zehnte Versuchsreihe.

Meerschweinchen.

K. 0,629. L. 10,419. N. 16,6. D. Von 9 U. 24 M. bis 10 U. 24 M.

9 U. 36 M. 84
9 U. 53 M. 92 mit Bauchathmung verbundene
10 U. 7 M. 104 überdiess von Bewegungen des
10 U. 18 M. 108 Kopfes begleitete

} Athemzüge in 1 M.

Dauer des Aufenthaltes in Minuten.	P.		
	C.	N.	O.
15	1,48	19,12	79,40
30	2,57	17,21	80,22
45	4,66	15,80	79,54
60	6,05	13,42	80,53

Zeit d. Aufenthaltes in Min.		A. V.					
	B.	M.	T.	E.	C.	O.	N.
0	716,89	0,0	16°,2	9,100	0,005	1,907	7,188
15		— 0,42	17°,8	9,026	0,134	1,725	7,167
30		+ 0,42	17°,9	9,032	0,232	1,554	7,246
45		+ 0,49	18°,1	9,025	0,421	1,426	7,178
60		+ 0,42	18°,3	9,014	0,545	1,210	7,259

Zeitabschnitt von je 15 Minuten.	R.			Kgm. St. in Grm.	
	+ C.	— O.	± N.	+ C.	— O.
Erster	0,129	0,182	— 0,021	1,625	1,662
Zweiter	0,098	0,171	+ 0,079	1,234	1,562
Dritter	0,189	0,128	— 0,068	2,380	1,169
Vierter	0,124	0,216	+ 0,081	1,562	1,973

Elfte Versuchsreihe.

Das vorige und noch ein zweites Meerschweinchen gleichen Wurfes.

K. 1,239. L. 9,809. N. 7,9. D. Von 10 U. 2 M. bis 11 U. 2 M.

Dauer des Aufenthaltes in Minuten.	P.		
	C.	O.	N.
15	3,19	16,20	80,61
30	6,28	12,33	81,39
45	10,60	7,63	81,77
60	10,21	4,60	85,19

Zeit d. Aufenthaltes in Min.	A. V.						
	B.	M.	T.	E.	C.	O.	N.
0	717,06	0,0	16°,5	8,557	0,004	1,794	6,759
15		— 0,14	18°,5	8,474	0,270	1,373	6,831
30		— 0,14	19°,0	8,454	0,531	1,042	6,881
45		+ 0,14	19°,4	8,440	0,895	0,644	6,901
60		0,00	19°,7	8,426	0,860	0,388	7,178

Zeitabschnitt von je 15 Minuten.	R.			Kgm. St. in Grm.	
	+ C.	— O.	± N.	+ C.	— O.
Erster	0,266	0,421	+ 0,072	1,701	1,952
Zweiter	0,261	0,331	+ 0,050	1,669	1,535
Dritter	0,364	0,402	+ 0,020	2,570	1,864
Vierter	— 0,035(?)	0,256	+ 0,277	— 0,224	1,637

Zwölfte Versuchsreihe.

Dieselben beiden Meerschweinchen.

(Am folgenden Tage, 1/2 bis 1 Stunde nach reichlicher Fütterung.)

K. 1,334. L. 9,714. N. 7,3. D. Von 9 U. 26 M. bis 10 U. 26 M.

Dauer des Aufenthaltes in Minuten.	P.		
	C.	O.	N.
15	4,65	14,22	81,13
30	8,29	9,00	82,71
45	12,54	5,23	82,23
60	14,45	3,21	82,34

Zeit d. Aufenthaltes in Min.	A. V.						
	B.	M.	T.	E.	C.	O.	N.
0	720,14	0,0	14°,1	8,605	0,004	1,804	6,797
15		0,0	16°,7	8,502	0,395	1,209	6,898
30		— 0,13	17°,0	8,490	0,704	0,764	7,022
45		+ 0,07	17°,5	8,471	1,062	0,443	6,966
60		— 0,28	17°,9	8,451	1,221	0,271	6,959

Zeitabschnitt von je 15 Minuten.	R.			Kgm. St. in Grm.	
	+ C.	— O.	± N.	+ C.	— O.
Erster	0,391	0,595	+ 0,101	2,322	2,563
Zweiter	0,309	0,445	+ 0,124	1,835	1,917
Dritter	0,358	0,321	— 0,056	2,126	1,383
Vierter	0,159	0,172	— 0,007	0,944	0,685

Dreizehnte Versuchsreihe.

Katze.

K. 2,360. L. 8,688. N. 3,7. D. Von 9 U. 56 M. bis 10 U. 33 M.

10 U. 16 M. 54 Athemzüge in 1 M. Das Thier sehr unruhig, richtet sich häufig auf den Hinterbeinen auf und kratzt heftig an den Wänden des Glasbehälters.

10 U. 26 M. lässt Harn und speichelt seit einiger Zeit fortwährend.

10 U. 30 M. 64 Athemzüge in der Minute.

10 U. 32½ M. sinkt um und athmet sehr tief und langsam. Das (Oel-)Manometer schwankte zuletzt fortwährend um 3 bis 5 Mm. innerhalb einer Minute bald in positiver, bald in negativer Richtung.

Das Thier, sogleich nach 10 U. 33 M. herausgenommen, lag ungefähr 1½ M. schwach athmend und scheintodt in

freier Luft. Es erholte sich in 5 M. so weit, dass es, aber offenbar niedergeschlagen, da sass.

Dauer des Aufenthaltes in Minuten.	P.		
	C.	O.	N.
$12^1/_2$	5,92	14,33	79,75
$24^1/_2$	8,02	9,34	82,64
37	12,44	4,93	82,63

Zeit d. Aufenthaltes in Min.	A. V.						
	B.	M.	T.	E.	C.	O.	N.
0	714,55	0,0	13^0,4	7,661	0,004	1,606	6,051
$12^1/_2$		— 0,13	16^0,4	7,554	0,447	1,083	6,024
$24^1/_2$		0,0	18^0,6	7,476	0,600	0,698	6,178
37		+ 1,14	21^0,1	7,386	0,919	0,364	6,103

Zeitabschnitt.	R.			Kgm. St. in Grm.	
	+ C.	— O.	± N.	+ C.	— O.
Erster von $12^1/_2$ M.	0,443	0,523	— 0,027	1,784	1,528
Zweiter von 12 M.	0,153	0,385	+ 0,154	1,064	1,171
Dritter von $12^1/_2$ M.	0,319	0,334	— 0,075	1,285	0,976

Vierzehnte Versuchsreihe.

Dieselbe Katze. (Am folgenden Tage.)

K. 2,311. L. 8,737. N. 3,8. D. Von 10 U. 59 M. bis 10 U. $40^3/_4$ M.

11 U. 7 M. 11 Athemzüge in $^1/_4$ M.

11 U. 33 M. Sehr unruhig, an den Wänden kratzend, fortwährend speichelnd.

11 U. 35 M. 18 Bauchathmungen in $^1/_4$ M. Athmet mit offenem Munde und ängstlich. Wechselt oft seine Stellung und den Ort derselben.

11 U. 38 M. Fällt um, richtet sich aber bald wieder auf.

Unmittelbar nach 11 U. $40^3/_4$ M. herausgenommen, liegt das Thier passiv, doch in etwas besserem Zustande, als gestern da, hebt den Kopf 2 Minuten später, sieht sich nach 3 M. um, und erscheint auch nachher minder angegriffen, als nach dem gestrigen Versuche, obgleich dieser $4^3/_4$ M. weniger lange gedauert hatte.

Dauer des Aufenthaltes in Minuten.	P.		
	C.	O.	N.
13	3,90	16,25	79,85
26	7,11	8,44	84,45
$41^3/_4$	10,96	4,11	84,93

Zeit d. Aufenthaltes.	A. V.						
	B.	M.	T.	E.	C.	O.	N.
0	710,98	0,0	13°,7	7,655	0,004	1,604	6,047
13		— 0,30	15°,9	7,574	0,295	1,231	6,048
26		— 0,01	18°,0	7,502	0,533	0,633	6,336
$41^3/_4$		— 0,01	20°,5	7,411	0,812	0,305	6,294

Zeitabschnitt.	R.			Kgm. St. in Grm.	
	+ C.	— O.	± N.	+ C.	— O.
Erster von 13 M.	0,291	0,373	+ 0,001	1,143	1,066
Zweiter von 13 M.	0,238	0,598	+ 0,288	0,935	1,708
Dritter v. $15^3/_4$ M.	0,279	0,328	— 0,042	0,904	0,773

Funfzehnte Versuchsreihe.

Dieselbe Katze. (Am folgenden Tage.)

K. 2,372. L. 8,676. N. 3,7. D. Von 9 U. 16 M. bis 9 U. 56 M.

9 U. 24 M. 10 Athemzüge in $^1/_4$ M. Das Oelmanometer giebt das Spiel der Athemzüge auffallend stark wieder.

9 U. 39 M. 10 bis 11 tiefe und ungleiche Athemzüge in $^1/_4$ M.

9 U. 42 M. Kratzt heftig an den Wänden des Glasbehälters, dreht sich oft herum, miaut häufig und fängt an zu speicheln.

9 U. 54 M. Fällt um. 7 bis 8 abgebrochene schwache Athemzüge in $^1/_4$ M. Athmet zuletzt immer nur ein Mal nach einer längeren Ruhepause. Kommt in diesem Versuche tiefer herunter, als in den beiden früheren Beobachtungen. Erhebt ungefähr 2 M. nach dem Herausnehmen den Kopf, steht nach 10 M. auf den Beinen, bleibt aber noch lange sehr träge.

Dauer des Aufenthaltes in Minuten.	P.		
	C.	O.	N.
15	7,10	13,13	79,77
30	10,16	7,05	82,97
40	12,12	2,84	85,04

Zeit d. Aufenthaltes in Min.	A. V.						
	B.	M.	T.	E.	C.	O.	N.
0	705,68	0,0	13°,4	7,535	0,004	1,579	5,952
15		0,0	16°,4	7,450	0,529	0,978	5,943
30		+ 0,14	18°,8	7,364	0,748	0,519	6,097
40		— 0,14	21°,2	7,277	0,882	0,207	6,188

Zeitabschnitt.	R.			Kgm. St. in Grm.	
	+ C.	— O.	± N.	+ C.	— O.
Erster von 15 M.	0,525	0,601	— 0,009	1,741	1,456
Zweiter von 15 M.	0,219	0,459	+ 0,154	0,726	1,112
Dritter von 10 M.	0,134	0,312	+ 0,091	0,667	0,756

Sechszehnte Versuchsreihe.

Henne.

K. 1,085. L. 9,963. N. 9,2. D. Von 9 U. 10 M. bis 10 U. $16^3/_4$ M.

9 U. 18 M. 17 Athemzüge in $^1/_2$ M.

9 U. 40 M. Athmet beschwerlich und öffnet den Mund bei jedem Athemzuge.

9 U. 43 M. 10 solcher Athemzüge in $^1/_2$ M.

9 U. 58 M. Hebt und senkt sich bei jeder Athmung und sperrt den Mund weit auf; hat etwas Urin und Koth entleert.

9 U. 59 M. 9 bis 10 tiefe, beschwerliche Athemzüge in $^1/_2$ M.

10 U. 4 M. Der Kamm etwas dunkler, aber nicht tief blauroth.

10 U. 9 M. Entlässt wieder Koth und Harn.

10 U. $13^1/_2$ M. Sinkt zusammen.

10 U. 14 M. 5 Athemzüge in $^1/_4$ M. Der Kamm ist jetzt dunkelblau.

Das Oelmanometer schwankte wieder hier oft um mehrere Millimeter in wenigen Minuten, z. B. um 3 Mm. zwischen

9 U. 21 und 9 U. 22 M., um 2 Mm. zwischen 9 U. 22½ und 9 U. 23 M., um 4 Mm. zwischen 9 U. 26 und 9 U. 27 M. Da sich diese Zahlen nur auf den einen Schenkel des Manometers beziehen, so betragen die wahren Unterschiede das Doppelte der angeführten Werthe. Später fehlten die raschen Schwankungen gänzlich.

Unmittelbar nach dem Herausnehmen stand das Thier sogleich auf den Beinen.

Dauer des Aufenthaltes in Minuten.	P.		
	C.	O.	N.
20	4,46	15,39	80,15
40	6,83	11,83	81,34
66¾	9,79	90,21	

Zeit d. Aufenthaltes in Min.	B.	A. V. M.	T.	F.	C.	O.	N.
0	703,23	0,0	12°,2	8,691	0,004	1,822	6,865
20		0,0	14°,7	8,593	0,383	1,323	6,887
40		0,0	14°,5	8,601	0,587	1,018	6,996
66¾		— 0,07	16°,5	8,517	0,834	7,683	

Zeitabschnitt.	R.			Kgm. St. in Grm.	
	+ C.	— O.	± N.	+ C.	— O.
20	0,379	0,499	+ 0,022	2,061	1,973
20	0,204	0,305	+ 0,109	1,109	1,206
26¾	0,247	—	—	1,004	—

Siebzehnte Versuchsreihe.

Die frühere Katze. (Nach drei Tagen.)

K. 2,191. L. 8,857. N. 4,0. D. Von 9 U. 44 M. bis 10 U. 30 M.

9 U. 54 M. 9 bis 10 Athemzüge in ¼ M.

10 U. 8 M. 11 Bauchathmungen in ¼ M.

10 U. 21 M. Unruhig und speichelnd.

10 U. 21½ M. 12 von Körperbewegungen begleitete Athemzüge in ¼ M. Kratzt lebhaft an den Wänden des Glasbehälters. Weite Pupillen. Später bald liegend, bald stehend. Athmung immer beschwerlicher.

10 U. 28 M. 13 mühselige Athemzüge in 1 M.

Hebt nach dem Herausnehmen den Kopf schon um 10 U. 31 M. und erholt sich ziemlich rasch.

Dauer des Aufenthaltes in Minuten.	P.		
	C.	O.	N.
14	4,67	13,52	81,81
28	8,37	8,97	82,66
46	11,66	5,33	83,01

Zeit d. Aufenthaltes in Min.	A. V.						
	B.	M.	T.	E.	C.	O.	N.
0	701,69	0,00	12°,5	7,699	0,004	1,614	6,081
14		— 0,14	15°,6	7,588	0,354	1,026	6,208
28		— 0,28	16°,8	7,544	0,631	0,677	6,236
46		- 0,14	19°,9	7,433	0,867	0,396	6,170

Zeitabschnitt.	R.			Kgm. St. in Grm.	
	+ C.	— O.	± N.	+ C.	— O.
Erster von 14 M.	0,350	0,588	+ 0,127	1,346	1,645
Zweiter von 14 M.	0,277	0,349	+ 0,028	1,066	0,976
Dritter von 18 M.	0,236	0,281	— 0,066	0,706	0,612

Achtzehnte Versuchsreihe.

Dieselbe Katze. (Am folgenden Tage.)

K. 1,977. L. 9,071. N. 4,6. D. Von 10 U. 51 1/2 M. bis 11 U. 47 1/2 M.

11 U. 2 M. 7
11 U. 14 M. 10
11 U. 27 M. 9 bis 10
} Athemzüge in 1/4 M.

11 U. 40 M. Unruhig, speichelt aber noch nicht. Hat etwas Koth entleert.

11 U. 41 M. Fängt an zu speicheln.

11 U. 41 1/2 M. 16 Bauchathmungen in 1/4 M.

11 U. 43 M. Legt sich hin und steht bald wieder auf. Schreit kraftvoll. Pupillen weit offen.

Das Thier schien bei dem um 11 U. 47 1/2 M. stattgefundenen Abzuge der letzten Gasprobe dem Tode sehr nahe zu sein. Es lag röchelnd und passiv da und erholte sich im

Freien so langsam, dass es erst nach 10 Minuten stehen konnte. Es war noch bei keinem Versuche so tief heruntergekommen, als dieses Mal. Da es seit 6 Tagen im Stalle eingesperrt worden, so frass es wenig, nahm an Körpergewicht ab und befand sich merklich unwohl.

Dauer des Aufenthaltes in Minuten.	P.		
	C.	O.	N.
13	5,15	16,22	78,63
26	6,42	11,39	82,19
39	8,83	9,33	81,84
56	11,89	4,06	84,05

Zeit d. Aufenthaltes in Min.	A. V.						
	B.	M.	T.	E.	C.	O.	N.
0	719,12	0,0	13°,5	8,047	0,004	1,687	6,356
13		+ 0,07	16°,7	7,928	0,408	1,286	6,234
26		— 0,14	17°,5	7,897	0,507	0,900	6,490
39		— 0,14	18°,5	7,859	0,694	0,733	6,432
56		— 0,70	20°,8	7,765	0,923	0,315	6,527

Zeitabschnitt.	R.			Kgm. St. in Grm.	
	+ C.	— O.	± N.	+ C.	— O.
Erster von 13 M.	0,404	0,401	— 0,122	1,858	1,342
Zweiter von 13 M.	0,099	0,386	+ 0,256	0,466	1,291
Dritter von 13 M.	0,187	0,167	— 0,058	0,860	0,559
Vierter von 17 M.	0,229	0,418	+ 0,095	0,804	1,067

Neunzehnte Versuchsreihe.

Zwei schwarze Mäuse.

Körpergewicht der grösseren = 31,8 Grm.
Desgl. der kleineren = 13,6 Grm.
Summe = 45,4 Grm.

Es wurden 12,0 Grm. Brod mit den Thieren in den Behälter gebracht.

L. 10,990. N. 242,1. D. 9 U. 36 M. bis in die Nacht.

Die Mäuse liefen in den ersten Stunden munter herum und nagten oft am Brode. Sie boten schon um 10 U. 11 M.

Bauchathmen dar, sassen in der Folge ruhig zusammen, frassen aber noch bisweilen, putzten sich und wechselten oft ihren Aufenthaltsort. Sie sassen von 2 U. 20 M. an auf einander, athmeten schwer um 5 U. 30 M. (die grössere 18 bis 19, die kleinere 18 Mal in $^1/_4$ Minute), lebten noch um $11^1/_2$ Uhr Nachts, zu welcher Zeit die kleinere weit tiefer herabgekommen schien, als die grössere, und wurden des Morgens todt gefunden.

Dauer des Aufenthaltes in Minuten.	P.		
	C̈.	O.	N.
21	0,65	19,48	79,94
42	1,85	18,03	80,12
63	3,18	17,45	79,37
Mehr als 14 Stunden	12,08	0,57	87,35

Die mit Kali behandelte und mit einer hinreichenden Menge von Knallgas verpuffte Luft ergab keine Volumensverminderung, so dass keine nachweisbare Menge von Wasserstoff, Kohlenoxyd oder Kohlenwasserstoff vorhanden war.

Zeit d. Aufenthaltes in Min.	A. V.						
	B.	M.	T.	E.	C̈.	O.	N.
0	717,79	0,0	15°,4	9,651	0,005	2,023	7,623
21		— 0,14	16°,9	9,582	0,062	1,860	7,660
42		0,0	16°,6	9,598	0,178	1,731	7,689
63		0,0	16°,5	9,602	0,305	1,676	7,621
Mehr als 14 St.	718,49	+ 0,14	14°,0	9,721	1,174	0,055	8,492

Zeitabschnitt.	R.			Kgm. St. in Grm.	
	+ C̈.	— O.	± N.	+ C̈.	— O.
Erster von 21 M.	0,057	0,163	+ 0,043	7,054	14,672
Zweiter von 21 M.	0,116	0,129	+ 0,029	14,355	11,612
Dritter von 21 M.	0,127	0,055	— 0,068	15,717	4,951
Mehr als 13 Stunden	0,869	1,621	+ 0,871	—	—

Zwanzigste Versuchsreihe.

28 Tage alter Hund.

K. 1,747. L. 9,301. N. 5,4. D. Von 8 U. $42^1/_2$ M. bis 10 U. $8^1/_2$ M.

Das Thier war immer sehr unruhig und schrie häufig.

8 U. 55 M. Ungefähr 21 Athemzüge in $^1/_4$ M.

9 U. 11 M. Liegt mit geschlossenen Augen und athmet tief mit lebhaftem Spiele der Bauchdecken.

9 U. 16 M. Wird wieder unruhig und schreit oft sehr laut.

9 U. $17^1/_2$ M. 20 Athemzüge in $^1/_4$ M.

9 U. 31 M. Hebt sich bisweilen und athmet viel mühsamer.

9 U. 32 M. 18 sehr tiefe Bauchathmungen in $^1/_4$ M.

9 U. 33 M. Sehr unruhig, entleert Excremente, schreit mit etwas heiserer Stimme, stellt sich oft auf, kratzt an den Wänden des Glasbehälters, speichelt viel und öffnet sehr weit die Mundhöhle bei dem Athmen.

9 U. 38 M. Liegt immer am Boden tief athmend, dreht sich bisweilen, ohne aufzustehen und schreit hin und wieder mit schwächerer Stimme.

9 U. 40 M. 21 hörbare Athemzüge in $^1/_4$ M.

9 U. 41 M. Sinkt sehr zusammen.

9 U. 43 M. 11 hörbare Athemzüge in $^1/_4$ M.

9 U. 45 M. 14 tiefe Bauchathmungen in $^1/_4$ M.

9 U. 50 M. Sehr unruhig. Die Zunge und die unbehaarten Theile der Füsse erscheinen sehr blau. Dreht sich noch bisweilen.

9 U. $51^1/_2$ M. Ungefähr 10 tiefe und unregelmässige Athemzüge in $^1/_4$ M.

10 U. $5^1/_2$ M. Dreht sich noch ein Mal.

10 U. 8 M. 8 Athemzüge in $^1/_4$ M.

Das Thier erholt sich verhältnissmässig rasch.

Dauer des Aufenthaltes in Minuten.	P.		
	C.	O.	N.
20	5,28	14,39	80,33
40	9,00	9,94	81,06
86	15,07	4,44	80,49

Zeit d. Aufenthaltes in Min.	A. V.						
	B.	M.	T.	E.	C.	O.	N.
0	717,86	0,0	15°,9	8,146	0,004	1,708	6,434
20		— 0,14	18°,5	8,044	0,425	1,157	6,462
40		+ 0,0	18°,9	8,030	0,723	0,798	6,509
86		+ 0,07	19°,9	7,991	1,204	0,355	6,432

Zeitabschnitt.	R.			Kgm. St. in Grm.	
	+ C.	— O.	± N.	+ C.	— O.
Erster von 20 M.	0,421	0,551	+ 0,028	1,422	1,353
Zweiter von 20 M.	0,298	0,359	+ 0,047	1,006	0,882
Dritter von 46 M.	0,481	0,443	— 0,077	0,706	0,376

Einundzwanzigste Versuchsreihe.

Derselbe Hund. (30 Tage alt.)

K. 1,756. L. 9,292. N. 5, 3. D. Von 9 U. 21½ M. bis 10 U. 41 M.

Das Thier hatte des Morgens Milch und Brod nach Belieben genommen.

9 U. 39 M. 14 ziemlich tiefe Bauchathmungen in ¼ M.

10 U. 21 M. Sehr unruhig, sich herumwälzend, später an den Wänden kratzend, hin und wieder aufschreiend. Sinkt bisweilen erschöpft um und hebt sich bald wieder. Athmet mühsam. Zunge, Lippen und Umgebung der Nasenlöcher blau.

10 U. 24 M. 8 Athemzüge in 10 Secunden.

10 U. 28 M. Liegt meist, dreht sich noch bisweilen, schreit schwächer und heiserer, sinkt endlich nach jedem Versuche, sich zu heben, sogleich um.

10 U. 30½ M. 7 bis 8 Athemzüge in ¼ M.

10 U. 31 M. Dreht sich noch und athmet mit weit geöffnetem Munde.

10 U. 34 M. 7 Athemzüge in ¼ M.

10 U. 37 M. 7 Athemzüge in ¼ M. Schreit sehr heiser und schwach, dreht sich erst nach langen Zwischenzeiten und selbst dann nur wenig.

Das Thier war sehr herabgekommen am Ende des Versuches, athmete gar nicht die ersten 20 bis 30 Secunden nach dem Herausnehmen und richtete sich erst um 10 U. 47 M. auf.

Dauer des Aufenthaltes in Minuten.	P.		
	C.	O.	N.
10	2,90	17,16	79,94
20	4,03	14,60	81,37
30	6,07	12,73	81,20
79,5	15,34	4,31	80,35

Zeit d. Aufenthaltes.	A. V.						
	B.	M.	T.	E.	C.	O.	N.
0	715,64	0,0	15°,0	8,146	0,004	1,708	6,434
10		— 0,14	16°,7	8,080	0,234	1,387	6,459
20		— 0,21	17°,5	8,052	0,325	1,176	6,551
30		— 0,14	17°,8	8,039	0,488	1,023	6,528
79,5		— 0,07	19°,1	7,988	1,226	0,344	6,418

Zeitabschnitt.	R.			Kgm. St. in Grm.	
	+ C.	— O.	± N.	+ C.	— O.
Erster von 10 M.	0,230	0,321	+ 0,025	1,545	1,569
Zweiter von 10 M.	0,091	0,211	+ 0,092	0,611	1,031
Dritter von 10 M.	0,163	0,153	— 0,023	1,095	0,748
Vierter von 49½ M.	0,738	0,679	— 0,110	1,012	0,677

Zweiundzwanzigster Versuch.

Schwarze Maus.

Mitgegebenes Brod = 9,2 Grm.
K. 0,0155. L. 11,0233. N. 711,2. D. Von 9 U. 28½ M. bis 3 U. 4½ M. des folgenden Tages.

Zeit.	P.			
	C.	H.	O.	N.
39 Stunden 36 Min.	11,12	0,72	5,41	82,72

Das Thier, das mehr als 18 Stunden auf demselben Platze geblieben war, hielt sich von 7 U. Morgens bis 3 U. Nachmittags unbeweglich und zwar mit gesenktem Kopfe und geschlossenen Augen. Es wurde noch lebend um 3 U. 5 M. aus dem Behälter genommen, starb jedoch an der Luft in weniger als einer halben Stunde.

Zeit des Aufenthaltes.	A. V.							
	B.	M.	T.	E.	C.	H.	O.	N.
0	716,64	0,0	14°,7	9,691	0,005	—	2,031	7,655
29,6 St.	709,60	+ 0,14	13°,5	9,649	1,073	0,070	0,523	7,983

Zeit.	R.				Kgm. St. in Grm.	
	+ C.	+ H.	− O.	± N.	+ C.	− O.
29,6 Stunden	1,068	0,070	1,508	+ 0,328	4,577	4,701

Dreiundzwanzigster Versuch.

Schwarze Maus.

K. 0,0161. L. 11025,2. N. 685. Mitgegebenes Brod = 6,7 Grm. D. Von 10 U. 55 M. bis in die Nacht.

Das Thier lebte noch um 9 U. Abends und wurde den anderen Morgen todt gefunden.

P.		
C.	O.	N.
5,94	2,67	91,39

Zeit des Versuches.	A. V.						
	B.	M.	T.	E.	C.	O.	N.
Anfang	708,95	0,0	14°,2	9,610	0,005	2,014	7,591
Ende	710,87	+ 0,07	14°,0	9,640	0,573	0,258	8,815

R.		
+ C.	− O.	± N.
0,568	1,756	+ 1,224

Die mit Kali behandelte Gasmasse betrug 13,218 Einheiten Normalvolum. Mit einer hinreichenden Menge von Knallgas angezündet, ergab sich nach dem Erkalten ein Normalvolumen von 13,207. Das Deficit von 0,011 = 0,09 % liegt längst innerhalb der Grenzen der Beobachtungsfehler.

Vierundzwanzigster Versuch.

Schwarze Maus.

K. 0,0194. L. 11,0236. N. 570. Mitgegebenes Brod = 5,0. D. Von 9 U. 0 M. Morgens bis in die Nacht.

Das Thier lebte noch um 9 Uhr Abends und wurde am anderen Morgen todt gefunden. Da früher die Nachtkälte

möglicher Weise schädlich gewirkt haben konnte, so befand sich dieses Mal der Athmungsbehälter in einem zweiten grösseren Gefässe. Die Lückenräume zwischen beiden waren mit Heu ausgefüllt.

P.		
C̈.	O.	N.
8,68	0,90	90,42

Die Knallgasverpuffung lieferte keine Abnahme des Normalvolumens.

Versuchszeit.	A. V.						
	B.	M.	T.	E.	C̈.	O.	N.
Anfang	711,18	0,0	14°,7	9,586	0,005	2,009	7,572
Ende	710,39	+ 0,14	12°,5	9,705	0,842	0,087	8,776

R.		
+ C̈.	— O.	± N.
0,837	1,922	+ 1,204

Fünfundzwanzigster Versuch.

Schwarze Ratte.

K. 0,085. L. 10,9468. N. 128,8. Mitgegeb. Brod = 16,2 Grm.
D. Von 10 U. 40½ M. bis Abends ungefähr 9 U. 15 M.

Das Thier starb Abends zwischen 9 U. und 9½ U.

P.			
C̈.	CH.	O.	N.
9,01	1,41	3,18	86,40

Versuchszeit.	A. V.							
	B.	M.	T.	E.	C̈.	CH.	O.	N.
Anfang	714,75	0,0	9°,1	9,842	0,005	—	2,063	7,774
Ende	704,67	0,0	8°,4	9,732	0,877	0,137	0,310	8,408

Zeit in Stunden.	R.				Kgm. St. in Grm.			
	+ C.	+ CH.	— O.	± N.	+ C.	+ CH.	— O.	± N.
10,6	0,872	0,137	1,753	+ 0,634	1,903	0,107	2,783	+ 0,884

Sechsundzwanzigster Versuch.

Schwarze Ratte.

K. 0,0975. L. 10,932. N. 112. Mitgegeb. Brod = 18,5 Grm.

D. Von 2 U. 56 M. bis in die Nacht.

Das Thier, das noch Abends $9^1/_2$ Uhr ziemlich munter war, wurde am anderen Morgen todt gefunden.

P.			
C.	H.	O.	N.
14,34	1,21	1,97	82,48

Versuchszeit.	A. V.							
	B.	M.	T.	E.	C.	H.	O.	N.
Anfang	722,6	0,0	6°,0	10,072	0,005	—	2,111	7,956
Ende	723,8	+ 0,14	5°,0	10,134	1,453	0,123	0,200	8,358

R.			
C.	H.	O.	N.
1,448	0,123	1,911	+ 0,402

§. 3. Ergebnisse.

Die in dem vorigen Paragraphen verzeichneten Erfahrungen lassen sich in zweierlei Richtungen ausbeuten. Sie erläutern den Gang der Athmung im geschlossenen Raume und liefern einige Aufklärung über die Erstickungssymptome, die früher oder später auftreten. Wir wollen die letzteren zuerst betrachten, um so an ältere Erfahrungen anknüpfen zu können.

Die auf die Zeiteinheit kommende Menge der Athemzüge pflegt kurz vor dem Tode bedeutend abzunehmen, weil längere Ruhepausen zwischen je zwei Athembewegungen eingreifen. Lassen wir dieses Zeichen des Todeskampfes unbeachtet und berücksichtigen nur die unmittelbar vorangehenden Perioden der Athemnoth, so stossen wir auf abweichende Erscheinungen je nach der Verschiedenheit der Thiere. Die Menge der Athemzüge nahm im Kaninchen, dem Hunde und der Henne ab und in dem Meerschweinchen und der Katze zu. Es ergab sich:

Nummer der Versuchsreihe.	Thier.		Zahl der Athemzüge für eine Minute		Volumen d. Athmungsraumes, das des Thieres = 1.
			Anfang.	Endperiode.	
5	Kaninchen	Altes	124	92	3,8
6		Dasselbe	104	68	3,98
9		Junges	100	66	7,7
4		Anderes	97	81	9,0
3		Dasselbe	98	95	10,0
10	Meerschweinchen		84	108	16,6
			nach dem Anf.		
21	Hund	Junger	56	28	5,3
20		Derselbe	84	36	5,4
13	Katze		54	64	3,7
15			40	44	3,7
14			44	72	3,8
17			38	52	4,0
18			Mitte		
			34	64	4,6
16	Henne		34	20	9,7

Befanden sich die Kaninchen in einem Athmungsraume, der 21 bis 23 Mal so viel als ihr Körpervolumen ausmachte, so schwankten die Zahlen der Athemzüge in positiver oder in negativer Richtung, sobald es überhaupt nur zu unbedeutenden Athembeschwerden kam. Diese übten mit einem Worte keinen sichtlich bestimmenden Einfluss aus.

Nimmt auch die Menge der Athemzüge der Kaninchen in der Erstickungsnoth im Allgemeinen ab, so bemerkt man doch weder die plötzliche, noch die beträchtliche Verminderung, welche die beiderseitige Vagusdurchschneidung zur Folge hat. Die ganze Haltung und die Athmungsweise des Thieres ist hier so eigenthümlich, dass schon das äussere Ansehen den Unterschied verräth, der zwischen den Folgen der Vaguslähmung und denen der Erstickungsgefahr im geschlossenen Raume stattfindet.

Da die ersten Athembeschwerden, die in diesem auftreten, nicht mit Sicherheit beobachtet werden und Vieles der willkührlichen Deutung überlassen bleibt, so kann man nur schwer angeben, bei welcher Zusammensetzung der Einathmungsluft jene regelwidrigen Symptome beginnen. Dazu kommt, dass der augenblickliche Zustand des Thieres, der

Einfluss ähnlicher Versuche, die kurz vorher mit ihm gemacht worden, und die momentane Angst die Widerstandsgrösse gegen die schädliche Wirkung der eingeschlossenen Luft wesentlich bestimmen helfen. Es ist daher unmöglich, die hier in Betracht kommenden Fragen im Allgemeinen zu beantworten.

Mäuse z. B. athmen häufig rasch und mit sichtlicher Betheiligung der Bauchmuskeln, wenn die eingeschlossene Luft im Verhältniss zu ihrem Körpervolumen beträchtlich gross und in ihrer Zusammensetzung wenig geändert ist. Das Thier, welches zur neunzehnten Versuchsreihe diente, und dessen Volumen nur $^1/_{242}$ des Athmungsraumes ausmachte, lieferte schon diese unregelmässige Athmungsweise, als die Einathmungsluft 1,9 % Kohlensäure und 18,0 % Sauerstoff enthielt. Etwas Aehnliches wiederholte sich in dem Meerschweinchen der zehnten Versuchsreihe, das $^1/_{17}$ des Athmungsraumes an Volumen hatte. Die nicht ganz regelmässige Athmung zeigte sich schon bei einem Kohlensäuregehalte von 2,6 % und einem Sauerstoffwerthe von 17,2 %. Andere Thiere dagegen, wie Kaninchen, Katzen, ältere Hunde bieten so frühzeitige Störungen nicht dar.

Man würde übrigens irren, wenn man jene regelwidrigen Erscheinungen dem Einflusse der verdorbenen Luft zuschriebe. Bringt man z. B. Mäuse in einen Athmungsbehälter, durch den man fortwährend frische Atmosphäre mit Hilfe des Aspirators zieht, so findet man, dass sich das Bauchathmen ebenfalls binnen Kurzem einstellt. Solche Windzüge stören überhaupt die Athmung aller Arten von Geschöpfen in höherem oder geringerem Maasse.

W. Müller*) (und Ludwig) liessen Kaninchen verschiedene Luftmischungen von Stickstoff und Sauerstoff durch eine Luftröhrenfistel einathmen. Die Ausathmungsgase dagegen wurden in das Freie geleitet, so dass nur die Sauerstoffmengen, nicht aber die freigewordene Kohlensäure als Athmungsstörungen wirken konnten. Die je eine Viertelstunde fortgesetzten Beobachtungen lehrten, dass ein Sauerstoffgehalt von 14,9 oder 15,4 % keine besonderen Erscheinungen zur Folge hatte, ein solcher von 7,5 % dagegen die Athemzüge ausserordentlich tief und ergiebig, und einer von 4,5 % so beschwerlich machte, dass sie nur mit grosser Muskelanstrengung vollführt wurden. Mischungen, die nur 2,9 bis 1,7 % Sauerstoff enthielten, führten sogleich zu den heftigsten Erstickungszeichen.

---

*) W. Müller in d. Sitzungsberichten d. Wiener Akademie. Bd. XXXIII. Nro. 24. Nov. 1858. S. 142—144.

Die Versuchsreihen dieser Arbeit können natürlich nur die Einflüsse der verdorbenen, an Kohlensäure reichen und an Sauerstoff armen Luft angeben. Man darf dabei nicht vergessen, dass das Thier nicht plötzlich in eine solche schädliche Gasmischung versetzt wurde, sondern sie sich allmählich selbst bereitete, ein Umstand, durch den die Möglichkeit der Lebensdauer verlängert wird.*) Man kann daher annehmen, dass die bei den gegebenen Mischungen beobachteteten Athembeschwerden geringer waren, als die, welche ein Thier empfunden hätte, das aus reiner Atmosphäre in jene verdorbene Luft unmittelbar versetzt worden wäre.

Wir wollen mit dem Namen leichterer Athembeschwerden den Fall bezeichnen, in dem sich nur verstärkte Bauchathmung zeigte, Erstickungsnoth dagegen den Zustand nennen, der ausserdem noch von lebhaften Bewegungen der Nasenlöcher und bisweilen des Kopfes in Kaninchen, von Aufsperren des Mundes in anderen Säugethieren und der Henne, endlich von einer der langen Einathmung entsprechenden Anschwellung des Körpers in der Lungengegend der Schlange begleitet war. Berechnen wir nun die Mittelwerthe der Perioden, welche jenen Zeichen entsprachen, so haben wir z. B.:

Nummer der Versuchsreihe.	Thier.	Procentgehalt der Einathmungsluft.				Volumen der Luft des Athmungsraumes, das d. Thieres = 1.
		Leichtere Athembeschwerden.		Erstickungsnoth.		
		Kohlensäure.	Sauerstoff.	Kohlensäure.	Sauerstoff.	
5	Kaninchen, Altes	6,9	11,2	10,8	6,0	3,8
6	Kaninchen, Altes	7,8	8,7	10,9	4,11	4,0
4	Kaninchen, Junges	8,3	11,6	13,43	5,12	9,0
3	Kaninchen, Junges	7,0	12,0	12,8	5,1	9,4
21	Junger Hund	4,0	14,6	10,7	8,5	5,3
20	Junger Hund	5,3	14,4	12,1	7,2	5,4
13	Katze	5,9	14,3	8,0	9,3	3,7
15	Katze	8,6	10,1	10,2	7,1	3,7
14	Katze	7,1	8,4	9,1	6,3	3,8
17	Katze	6,5	11,3	8,4	9,0	4,0
18	Katze	5,8	13,8	7,6	10,4	4,6
16	Henne	4,5	15,4	5,6	13,6	9,2
2	Schlange	—	—	6,1	13,0	333,7

*) Cl. Bernard, Leçons sur les effets des substances toxiques et médicamenteuses. Paris 1857. 8. p. 117.

Diese Zahlen beziehen sich auf diejenigen Zeiträume, in denen schon die leichteren Athembeschwerden oder die Erstickungsnoth sogleich in die Augen fielen, die ersten Zeichen derselben also früher eingetreten waren. Obgleich sie nur sehr ungefähre Bestimmungen bilden, so sieht man doch schon aus ihnen, dass die Bauchathmung in den jungen Hunden eher, als in der Katze und den Kaninchen auftrat. Der Hund, die Katze waren gegen die Erstickungsnoth empfindlicher als das Kaninchen. Die Henne zeigte alle Arten von Athembeschwerden auffallend früh. Die Schlange endlich führte zu dem eigenthümlichen Ergebnisse, dass die heftige Erstickungsnoth bei einer Luftmischung eintrat, die nur einen mässigen Grad von Bauchathmung in Kaninchen hervorrufen würde. Wie viel die allmähligen Verderbnisse der Luft und der schon vieltägige Aufenthalt in dem geschlossenen Raume hierzu beigetragen hat, bleibt freilich dahingestellt.

Da die meisten ältern Bestimmungen der Kohlensäure und des Sauerstoffs und die neueren von Bernard mit Lösungen vorgenommen wurden, so ist es natürlich unmöglich, den Zahlenwerthen derselben einen engen Bezirk von Beobachtungsfehlern zuzuerkennen. Man wird daher alle Ergebnisse dieser Bemühungen höchstens als entfernte Annäherungen zur Wahrheit in den günstigsten Fällen ansehen können. Allen und Pepys*), welche die Kohlensäure durch Kalkwasser und den Sauerstoff durch eine Mischung von Stickoxyd und schwefelsauerem Eisenoxydul absorbiren liessen, kamen zu einem Ergebnisse, das sich mit den oben verzeichneten Werthen gut vereinigen lässt. Der Eine von ihnen füllte ein Quecksilbergasometer von 300 Cubikzoll Rauminhalt mit Ausathmungsluft, trieb das spätere Ausathmungsgas, das durch die Inspiration jener ersteren erzeugt worden, in ein zweites, gleich grosses Quecksilbereudiometer und liess die Rollen beider Gasometer in der Folge so lange wechseln, als er diese Athmungsweise ertragen konnte. Die Aenderung kam ungefähr 8 bis 10 Mal in 3 Minuten vor. Das zuletzt ausgeathmete Gas enthielt 9,5% Kohlensäure, 5,5% Sauerstoff und 85% Stickstoff. Kohlenoxyd oder Kohlenwasserstoff liess sich mit Hilfe von Unterchlorsäure durch die nachträgliche Erzeugung von Kohlensäure nicht nachweisen. Benutzte man nur ein einziges Quecksilbereudiometer, das man mit Ausathmungsgas füllte und hierauf zu 35 Aus- und Einathmungen gebrauchte,

*) Allen and Pepys in den Philosophical Transactions. For the Year MDCCCVIII. P. II. p. 260. 66. Vgl. auch Schweigger, Beiträge zur Chemie und Physik. Bd. I. Nürnberg 1811. S. 194—197.

bis der Experimentator gefühllos wurde, so lieferte die Gasanalyse 10% Kohlensäure, 4% Sauerstoff und 86% Stickstoff*). Wenn übrigens Allen und Pepys**) 8 bis 8,5% Kohlensäure für die gewöhnliche Athmung angeben, so erklärt sich dieses, wie ich glaube, daraus, dass das Einathmen in ein Quecksilbergasometer, bei dem der Aussendruck nicht jeden Augenblick auf das Genaueste regulirt, d. h. jeder Ueberschuss so gut als gänzlich aufgehoben wird, mit einem beträchtlichen Widerstande zu kämpfen hat und das wechselnde Oeffnen und Schliessen der Hähne den Beobachter nöthigte, die Luft längere Zeit in den Lungen verweilen zu lassen. Man hatte mit einem Worte eine Combination derjenigen Athmungsarten, die ich mit dem Namen des drückenden und des gehemmten bezeichnete und bei dem immer hohe Werthe der ausgeschiedenen Kohlensäure und des aufgenommenen Sauerstoffes gefunden werden. Allen und Pepys***) geben auch in der That an, dass die Ausathmungsluft nur 12,5 bis 13% Sauerstoff geführt habe. Die Aeusserung†), dass bei ihrer Vorrichtung „das Athmen nahezu eben so natürlich von Statten ging, als bei irgend einem Apparate", dürfte jener Deutung nicht widerspreschen.

Die in §. 2 mitgetheilten Versuchsreihen führen zu dem Schlusse, dass die Meerschweinchen gegen die Einflüsse der verdorbenen Luft empfindlicher, als die Kaninchen sind. Dasselbe lässt sich auch schon aus den älteren Untersuchungen von Berthollet††) herauslesen. Dieser Forscher bewahrte die Thiere im geschlossenen Raume bis zur Ohnmacht und fand dann 9,% bis 13,8% Kohlensäure und 3,5% bis 7,9% Sauerstoff für Kaninchen, dagegen 5,9% bis 9,9% und 7,4% bis 14,4% für Meerschweinchen. Aehnliches ergiebt sich auch aus einzelnen Versuchen von Legallois†††).

Die Analysen älterer Forscher§) lehrten schon, dass der Sauerstoff bei dem Athmen in geschlossenem Raume bis auf geringe

---

*) Vgl. auch Allen und Pepys in den Phil. Transact. For the Year MDCCCIX. p. 406. 407.

**) Phil. Transact. a. a. O. p. 279. Schweigger a. a. O. S. 210.

***) Phil. Transact. a. a. O. p. 255 u. 257.

†) Ebendaselbst p. 253.

††) Berthollet in Schweiger's Beiträgen. Bd. I. Nürnberg 1811. 8. S. 180.

†††) Legallois in den Annales de Chimie et de Physique. Tome IV. 1817. p. 127.

§) Berthollet a. a. O. S. 180. Allen und Pepys, Phil. Transact. MDCCCVIII. p. 260. Legallois a. a. O. p. 116. 17. Bernard a. a. O. p. 115. 122. 203—217.

Mengen schwindet, während die ausgeschiedenen Kohlensäureprocente hinter denen des fehlenden Sauerstoffes bedeutend zurückbleiben. Dieser Satz wird bekanntlich gegenwärtig für einen Hauptbeweis gehalten, dass die Ausscheidung der Kohlensäure nach den Gesetzen der Absorption, die Aufnahme des Sauerstoffes dagegen durch chemische Anziehung erfolge. Nysten*) band in die Luftröhre junger Hunde eine Canüle, die in drei, mit Hähnen versehene Röhren ausging. Die eine der letzteren war mit einer Pumpe verbunden, mittelst deren man (einen Theil der) Lungenluft vor dem Versuche zu entfernen suchte. Die zweite hing mit der umgebenden Atmosphaere zusammen, damit sie während der Vorbereitungen zur Athmung diene. Die dritte endlich führte zu einer mit einem beliebigen Gase gefüllten Blase. Sie ward unmittelbar nach dem Auspumpen in Anspruch genommen, so dass ihr Gas als Einathmungsluft während der Versuchszeit gebraucht wurde. Enthielt die Blase 1033 CC. einer Mischung von 97% Sauerstoff und 3% Stickstoff, so war fast alles Gas nach 12 Minuten verschwunden, wenn ein kleiner Hund an dem Apparate ein- und ausathmete**). Man hatte also hier eine fortwährende Absorption des Sauerstoffes neben der ausgeschiedenen Kohlensäure, welche letztere einen starken Partiardruck in der Einathmungsluft ausübte.

W. Müller***), der ebenfalls die Luftröhre mit dem Athmungsraume durch ein Zwischenrohr verband, sich aber der neueren zuverlässigeren eudiometrischen Methoden bediente, bekräftigte diese beiderlei Sätze durch eine ausgedehnte Studienreihe. Seine an Kaninchen gewonnenen Erfahrungen führten ihn zu dem Schlusse, dass im Allgemeinen die Procentmenge des rückständigen Sauerstoffes mit der Grösse des der Athmung zu Gebote stehenden Luftvolumens und der Stärke der Ermüdung zunahm. Es zeigte sich zugleich fast immer ein beträchtlicher Stickstoffüberschuss bei der Analyse des Endgases.

Die hierher gehörenden, in unseren Versuchsreihen vorkommenden Beobachtungen zerfallen in zwei Klassen. Die eine umfasst die Fälle, in denen das Thier bis zur höchsten Lebensgefahr im Athmungsbehälter gelassen, dann aber herausgenommen wurde und sich in der That in freier Luft von Neuem erholte; die zweite dagegen diejenigen, in welchen es innerhalb des Athmungsbehälters oder bald nach der Entfernung aus demselben starb. Trennen wir diese zwei Abtheilungen, so haben wir:

*) P. H. Nysten, Recherches de Physiologie et de Chimie pathologiques. Paris 1817. 8. p. 217.

**) Nysten a. a. O. 220. 21.

***) W. Müller a. a. O. S. 103, 126, 131 und 132.

I. Höchste Erstickungsnoth.

Nummer der Versuchsreihe.	Thier.	Procentgehalt der Endluft des Athmungsbehälters.			Zeit des Aufenthaltes in Min.	Volumen der Luft des Athmungsraumes, das d. Thieres = 1.
		Kohlensäure.	Sauerstoff.	Stickstoff.		
3	Dasselbe junge graue	14,08	4,03	81,89	120	9,4
4	Kaninchen . . .	15,77	2,45	81,78	140	9,0
5	Altes gelb. Kaninchen	12,15	4,31	83,54	60	3,8
12	Zwei Meerschweinchen	14,45	3,21	82,34	60	7,3
13		12,44	4,93	82,63	37	3,7
14		10,96	4,11	84,93	41¾	3,8
15	Dieselbe Katze . . .	12,12	2,84	85,04	40	3,7
17		11,66	5,33	83,01	46	4,0
18		11,89	4,06	84,05	56	4,6
20	Junger Hund . . .	15,07	4,44	80,49	86	5,4
21		15,34	4,31	80,35	79,5	5,3
16	Henne	9,79	90,21		66¾	9,2

II. Erstickungstod.

Nummer der Versuchsreihe.	Thier.	Procentgehalt der Endluft des Athmungsbehälters.					Zeit des Aufenthaltes.	Vol. d. Athmungsraumes, das des Thieres = 1.
		Kohlensäure.	Kohlenwasserst.	Waserstoff.	Sauerstoff.	Stickstoff.		
6	Altes gelb. Kan. (Dass. wie in Vers. 5.)	12,62	—	—	2,19	85,19	65 Minuten	4,0
19	Zwei Mäuse	12,08	—	—	0,57	87,35	mehr als 14 St.	242,1
22	Schwarze Maus	11,12	—	0,72	5,41	82,72	39 St. 36 Min.	711,2
23	Schwarze Maus	5,94	—	—	2,67	91,39	mehr als 10 u. wen. als 20 St.	685
24	Schwarze Maus	8,68	—	—	0,90	90,42	mehr als 12 u. wen. als 21 St.	570
25	Schwarze Ratte	9,01	1,41	—	3,18	86,40	10 bis 11 St.	128,8
26	Schwarze Ratte	14,34	—	1,21	1,97	82,48	6½ bis 15 St.	112
2	Natter . . .	6,72	—	—	11,70	81,58	10 Tage	333,7
1	Sechs Frösche (2 davon starben.)	5,60	—	—	12,02	82,38	4 Tage	166,3

Diese Werthe könnten, wenn es noch nöthig wäre, von Neuem bekräftigen, dass ein in geschlossenem Raume erstickendes Thier den Sauerstoff durch seine Lungen- und Hautthätigkeit bis auf geringe Mengen aufzehrt und weit kleinere Kohlensäureprocente, als der Sauerstoffabnahme entspricht, in der verdorbenen Luftmasse zu-

rück lässt. Die Doppeltabelle berechtigt aber noch zu einer andern Reihe von Schlüssen.

Es ergiebt sich zunächst, dass bisweilen Mäuse und Ratten geringe Mengen von Wasserstoff oder einfach Kohlenwasserstoff frei machen. Man kann natürlich nicht entscheiden, ob diese Luftarten von der Lungen- und Hautausdünstung oder den Darmgasen herrühren, ob sie durch eine beschränkte Oxydation oder durch andere Ursachen bedingt werden. Die Anwesenheit solcher Nebengase muss in jedem Falle beachtet werden, weil ihre Vernachlässigung bei der eudiometrischen Analyse zu unrichtigen Werthen für den rückständigen Sauerstoff führt.

Da 1 Vol. Grubengas mit 2 Vol. Sauerstoff zu 1 Vol. Kohlensäure verbrennt, so wird man sich um $^4/_3$ der Menge des Kohlenwasserstoffes für den Sauerstoff irren, wenn dieser ursprünglich im Ueberschuss vorhanden war und man ihn ohne Weiteres durch Zusatz von Wasserstoff und Verpuffen aufsucht. Es versteht sich von selbst, dass diese Bestimmung die vollständige Verpuffung und die Vermeidung aller Salpetersäurebildung voraussetzt. Die Analyse des 25. Versuches ergab z. B. 1,41% einfachen Kohlenwasserstoffes und 3,18% Sauerstoff. Hätte man die Prüfung auf das erstere Gas vernachlässigt, Wasserstoff sogleich nach der Kalibehandlung zugesetzt und das Gas angezündet, so würde man nur 1,30% Sauerstoff oder 1,88% zu wenig berechnet haben. Ist Wasserstoff in dem Gase des Athmungsraumes vorhanden, so irrt man sich in dem gleichen Falle um eben so viel für den Procentwerth des Stickstoffes. Man sieht hieraus, dass man erst dann ein sicheres Urtheil über die Zusammensetzung des Endgases gewinnt, wenn man auch die Prüfung auf Kohlenoxyd, Kohlenwasserstoff oder Wasserstoff vorgenommen hat.

Die zweite Tabelle lehrt zunächst, dass Mäuse den Sauerstoffgehalt der umgebenden Luft auf 0,6 bis 0,9% herunterbringen können, wenn auch der Athmungsraum 242 bis 570 Mal so gross ist, als sie selbst. Man sieht ferner, dass hierbei der individuelle Zustand des Thieres in hohem Grade bestimmend eingreift. Denn eine andere Maus, die sich in einem 711 Mal so grossen Raume befand, starb schon, als der Sauerstoffgehalt 5,41% betrug. Hängt auf diese Weise in einer und derselben Thierart die relative Sauerstoffmenge von der Grösse des zu Gebote stehenden Luftraumes nicht ausschliesslich ab, so wird dieses um so weniger bei verschiedenen Thiergattungen der Fall sein. Der Vergleich der für das Kaninchen, die Mäuse und die Ratten gefundenen Werthe bestätigt dieses vollkommen. Die rückständigen Sauer-

stoffprocente bilden eben nur ein Maass der Zähigkeit, mit welcher der Körper des Thieres der unvollkommenen Bluterfrischung widersteht und die relative Grösse des geschlossenen Athmungsraumes bestimmt nur unter sonst gleichen Verhältnissen die Zeit, in welcher dabei die mögliche Lebensgrenze erreicht wird.

Die Schlange starb, wie bemerkt, bei einer Luftmischung, in der ein Säugethier fortleben würde, wenn man dafür sorgen wollte, dass die Kohlensäure- und die Sauerstoffprocente trotz der Athmung unverändert blieben. Der geringe Werth des respiratorischen Gaswechsels, der den Reptilien überhaupt eigen ist und der verhältnissmässig beträchtliche Athmungsraum liessen erst jene Luftmischung nach einer Reihe von Tagen zu Stande kommen. Wir haben daher hier eine lange anhaltende Einwirkung einer immer mehr sich verschlechternden Luft, die aber schon die heftigsten Athembeschwerden hervorrief, als erst 6,0% Kohlensäure und noch 13% Sauerstoff in ihr vorhanden waren.

Bernard*) schloss aus seinen an kleineren Hausvögeln angestellten Beobachtungen, dass ein krankes Geschöpf der Art die verdorbene Luft besser als ein gesundes erträgt. Die oben an Säugethieren gefundenen Ergebnisse entsprechen dieser Voraussetzung nicht. Die Katze war durch die täglich oder nach Verlauf weniger Tage wiederholten Versuche auffallend heruntergekommen. Sie ass wenig, erbrach sich hin und wieder und verlor merklich an Körpergewicht. Vergleichen wir aber in §. 2 die 15. und die 20. Versuchsreihe, so sehen wir, dass die verhältnissmässig gesunde Katze die Abnahme des Sauerstoffes bis auf 2,8% besser vertrug, als die kranke die bis auf 4,1%. Das Gleiche wiederholte sich an dem jungen Hunde, der das zweite Mal bei fast gleicher Zusammensetzung der Endluft merklich tiefer herabkam, als in der ersten Versuchsreihe. Wäre es erlaubt, zwei verschiedene Thiere der gleichen Art hier zusammenzustellen, so würden die Kaninchen dasselbe erhärten. Das zu der vierten Versuchsreihe gebrauchte gesunde Thier erholte sich im Freien, obgleich der Sauerstoffgehalt der Endluft nur 2,5% betragen hatte. Das Kaninchen der sechsten Versuchsreihe dagegen, das den zweiten Erstickungsversuch innerhalb 7 Stunden durchmachte, starb in dem Athmungsraume, nachdem der Sauerstoff desselben bis auf 2,2% abgenommen hatte. Alle diese Erfahrungen deuten an, dass Säugethiere, die durch wiederholte Erstickungsgefahren

*) Bernard a. a. O. p. 118 flg.

krank geworden, die verdorbene Luft schlechter, als gesunde ertragen können.

Bliebe das Normalvolumen der in dem Athmungsraume vorhandenen Gasmischung constant, so würden die Procentwerthe der eudiometrischen Analyse der Endluft den absoluten Werthen der Bestandtheile proportional sein. Diese Bedingung wurde nur drei mal in den §. 2 verzeichneten Beobachtungen innerhalb der Grenzen der Beobachtungsfehler erfüllt, ein Mal bei einem fast normal athmenden Kaninchen (Vers. 9) und zwei Mal bei erstickten Mäusen (Vers. 22. 23.). Da nun in diesen die Procentmengen des Stickstoffes auf 82,72 und 91,39 gestiegen waren, so folgt, dass hier eine Ausscheidung von Stickstoff stattgefunden hat, wie ich sie auch nach der doppelten Vagustrennung bemerkt und von W. Müller*) für die Erstickung von Kaninchen mit Hilfe kleiner Athmungsräume angenommen worden. Da aber das Endvolumen in den übrigen Beobachtungen 19 Mal kleiner und 4 Mal grösser als das Anfangsvolumen war, so können hier erst die Berechnungen der absoluten Werthe über die Aenderungen des Stickstoffes Aufschluss geben. Wir werden in der That sehen, dass die Ausscheidung von Stickstoff kein allgemeines Merkmal der Erstickungsnoth oder des Erstickungstodes bildet.

Die Procentwerthe der eudiometrischen Analysen, die sich auf das Endgas beziehen, werden die Partiardrücke der einzelnen Bestandtheile am Ende der Beobachtung kennen lehren, d. h. gerade die Werthe angeben, auf die es bei den Absorptionserscheinungen vor Allem ankommt. Wir wollen nun diese Verhältnisse, wie sie sich in den Muskeln und dem Blute gestalten, vergleichend darstellen, weil wir hierdurch manche eigenthümliche Gesichtspunkte gewinnen werden.

Beobachtungen, die an den Wadenmuskeln der Frösche gemacht wurden, lehrten**), dass diese Massen bei einem gewissen Partiardrucke der Kohlensäure der umgebenden Luft jenes Gas aushauchen, bei einem grössern dagegen dasselbe aufnehmen. Die Stetigkeit der hier in Betracht kommenden Function liess erwarten, dass es einen Partiardruck der äusseren Kohlensäure gebe, bei der weder Ausscheidung noch Aufnahme dieses Gases stattfindet. Wir wollen ihn den Indifferenzwerth nennen. Es zeigte sich, dass eine solche Grösse in der Wirklichkeit vorkommt, und ungefähr $^{7}/_{100}$

*) W. Müller a. a. O. S. 128.

**) Archiv für physiol. Heilkunde von Wunderlich. 1859. S. 453.

war, die umgebende Gasmischung mochte Stickstoff und Sauerstoff oder Wasserstoff neben der Kohlensäure enthalten.

Aeltere und neuere Erfahrungen*) lehrten, dass Kohlensäure in das Blut übertritt, wenn sie in beträchtlicherer Menge in der Einathmungsluft enthalten ist. Da nun das Umgekehrte bei dem gewöhnlichen Athmen d. h. bei kleinen Partiardrucken der Kohlensäure der eingeathmeten Atmosphäre stattfindet, so muss auch hier ein solcher Indifferenzwerth vorhanden sein, wenn man es mit einer stetigen Function zu thun hat.

Betrachten wir die in §. 2 enthaltenen Werthe, so sehen wir, dass die Procentgrössen der Kohlensäure der Luft des Athmungsraumes in der letzten Periode des Aufenthaltes des Thieres mit Ausnahme eines einzigen Falles steigen. Das Gegentheil dieser Norm kommt nur in der, an zwei Meerschweinchen angestellten 11. Versuchsreihe vor. Die Luft des Athmungsraumes enthielt 10,6% nach 45 und 10,2% nach 60 Minuten. Das Wahrscheinlichste ist, dass hier ein bedeutender Unglücksfall bei der Bestimmung der letzten Kohlensäure eingriff, so dass die Zahl 10,2% allen Werthes entbehrt. Nimmt man dieses nicht an und sucht die Abnahme auf die später zu erwähnende Art zu erklären, so hat der Fall auch keine allgemeine Bedeutung, weil dieselben Thiere in der 12. und eines von ihnen in der 10. Versuchsreihe der Regel gehorchten.

Es ist klar, dass ein Thier, das in geschlossenem Raume athmet und die umgebende Luft immer mehr mit Kohlensäure schwängert, die Procente dieser letzteren nur bis zu dem Indifferenzwerthe erhöhen kann, wenn die Aenderungen der Kohlensäure nach den Gesetzen der Absorption (oder Diffusion) vor sich gehen und der Absorbent d. h. vor Allem das Blut in seinen Beziehungen zur Kohlensäure constant bleibt. Ist auch das Letztere wahrscheinlich nicht der Fall, so wird sich unsere Schlussfolgerung nicht wesentlich ändern, wie sogleich erhellen soll.

Der Kohlensäuregehalt der Luft des Athmungsbehälters kann unter diesen Verhältnissen den Indifferenzwerth möglicherweise erreichen, nicht aber übertreffen. Nennen wir daher den ersteren c und den letzteren n, so haben wir jedenfalls $c \leqq n$. Dieses vorausgesetzt, wollen wir die hierher gehörenden Werthe aus §. 2 übersichtlich zusammenstellen.

*) Nysten a. a. O. p. 224. 25. Legallois a. a. O. p. 116. W. Müller a. a. O. S. 130—132.

Nummer der Versuchsreihe.	Thier.	Procente der Kohlensäure am Ende der Versuchszeit.	
		Höchste Erstickungsnoth.	Tod.
3	Junges Kaninchen .	14,08	—
4		15,77	—
5	Altes Kaninchen . .	12,15	—
6		—	12,62
12	Zwei Meerschweinchen	14,45	—
13	Katze	12,44	—
14		10,96	—
15		12,12	—
17		11,66	—
18		11,89	—
20	Junger Hund . . .	15,07	—
21		15,34	—
19	Zwei Mäuse . . .	—	12,08
22	Maus	—	11,12
23		—	5,94
24		—	8,68
25	Ratte	—	9,01
26		—	14,34
16	Henne	9,79	—
2	Natter	—	6,72

Betrachten wir zunächst die Säugethiere, so können wir hiernach voraussetzen, dass der Indifferenzwerth des Blutes jedenfalls nicht kleiner, als 12,2% bis 15,8% im Kaninchen. 14,5% im Meerschweinchen, 11,0% bis 12,4% in der Katze, 15,1 bis 15,3% im Hunde, 6,0 bis 12,1% in der Maus und 9,0% bis 14,3% in der Ratte war und man ihn daher in neuester Zeit zu klein annahm, als man ihn zu 8% schätzte. Lassen wir die auffallend geringe Minimalzahl der Maus unbeachtet, so folgt, dass der Indifferenzwerth der Säugethiere beträchtlich höher liegt, als der der Froschmuskeln.

Wären die Kohlensäurebestimmungen von Legallois und Thillaye*) nach den neueren zuverlässigen Methoden vorgenommen worden, so würden sich ihre Erfahrungen eignen, über die Indifferenzwerthe des Blutes mehrerer der genannten

*) Legallois a. a. O. p. 16.

Säugethiere Aufschluss zu geben. Da aber jene Forscher, wie fast alle älteren Chemiker, die Kohlensäure zu bestimmen suchten, indem sie die Luftmasse mit Kalkwasser schüttelten, so hat man eine Breite der Fehlergrenzen, die bis auf einige Procente steigen kann. Dieser Uebelstand macht es daher zweifelhaft, wo die richtige Zahl des Indifferenzwerthes liegt. Er ist jedoch nicht im Stande, die Unsicherheit so weit auszudehnen, dass nicht die Zahlen jener Forscher unsere These bestätigten.

Stellen wir die uns interessirenden Grössen aus ihren Tabellen*) zusammen, so haben wir:

Thier.	Dauer des Aufenthaltes in der Gasmischung in Stunden.	Procentiger Kohlensäuregehalt der Luft d. Athmungsraumes	
		am Anfange des Versuches.	am Ende des Versuches.
Erstes Kaninchen . .	3,0	47,8	44,2
Zweites Kaninchen . .		21,9	21,8
Zwei Meerschweinchen	3,3	46,3	42,6
Zwei andere Meerschw.	3,0	32,6	30,0
Erste Katze	3,4	34,6	30,8
Zweite Katze . . .	3,0	27,7	26,9
Erster Hund	2,3	20,3	25,8
Zweiter Hund . . .	3,0	17,6	21,6

Wären diese Grössen, wie die neueren Kohlensäurebestimmungen, bis auf $^2/_{10}\%$ zuverlässig, so würde hieraus folgen, dass der Indifferenzwerth des Kaninchens**) nahe bei 22%, des Meerschweinchens unter 33%, der Katze bei 27% und des Hundes über $20{,}3\%$ liegt. Giebt man aber auch den Analysenfehlern den weitesten Spielraum, so erhellt doch jedenfalls, dass die oben verzeichneten Maximalgrössen der Kohlensäure hinter den entsprechenden Indifferenzwerthen beträchtlich zurückbleiben.

Die wahrscheinlich mit der Zeit stattfindende Variation der Kohlensäurespannung im Blute kann an unserem Hauptschlusse Nichts ändern. Nimmt sie zu, so wird hierdurch der Indifferenzwerth erhöht. Unsere Folgerung bleibt also um

*) Legallois a. a. O. p. 124—127.

**) Vgl. schon C. Ludwig, Lehrbuch der Physiologie. Bd. II. 1856. S. 334.

so eher gültig. Fiele sie in den letzten Lebensaugenblicken, so würde zu dieser Zeit Kohlensäure aus der umgebenden Luft aufgenommen und wir hätten den Fall, den das Meerschweinchen in der eilften Versuchsreihe darbot. Der Kohlensäuregehalt der Athmungsluft würde bis zum Indifferenzpunkte sinken und wir könnten nur dann einen höheren Werth in unseren Analysen finden, wenn die Geschwindigkeit dieses Sinkens sehr klein wäre — eine Nebenbedingung, die an und für sich eben so unwahrscheinlich ist, als die Abnahme der Kohlensäurespannung überhaupt zur Zeit der höchsten Erstickungsnoth. Spätere Beobachtungen werden diese Auffassungsweise noch unterstützen.

Wir gelangen daher zu dem Hauptschlusse, dass im Allgemeinen Säugethiere, die im geschlossenen Raume ersticken, früher zu Grunde gehen, als der Kohlensäuregehalt der umgebenden Luft so weit gewachsen ist, dass keine Kohlensäureausscheidung mehr aus dem Blute nach den Gesetzen der Gasabsorption stattfinden kann.

Die Natter starb, als die Luft des Athmungsraumes 6,72% Kohlensäure führte. Die Gasmischung enthielt aber schon 6,50% am vorletzten Tage. Sie hatte sich mithin in der letzten Lebenszeit des Thieres möglicherweise gar nicht geändert, da der ganze Unterschied von Beobachtungsfehlern herrühren kann. Dieses führt zu dem Schlusse, dass wir hier den Indifferenzwerth des Blutes nahezu erreicht hatten und dass diese dem Blute des Reptiles angehörende Grösse fast genau mit der der Froschmuskeln übereinstimmte. Wir hätten daher sehr niedere Werthe in diesen kaltblütigen Geschöpfen.

Gehen wir nun zur Hauptsache, d. h. zu den absoluten Gasmengen über, so hat in dieser Hinsicht das Gesammtvolumen der in dem Athmungsbehälter enthaltenen Luftmasse verhältnissmässig das geringste Interesse. Ihre auf den Normalwerth reducirte Zahl ist eine Function der ausgeschiedenen Kohlensäure, der anderen etwa frei gewordenen Gase, des aufgenommenen Sauerstoffes und der Stickstoffveränderung, mithin von Gliedern, deren Grössen nach verwickelten Beziehungen unter den uns beschäftigenden krankhaften Verhältnissen wechseln. Wir wollen dessenungeachtet auch diesen Punkt der Vollständigkeit wegen näher betrachten.

Athmet ein Mensch oder ein warmblütiges Thier regelrecht, so wird dem Volumen nach mehr Sauerstoff aufgenommen, als Kohlensäure ausgeschieden. Da nun der Stickstoff höchstens unbedeutende Veränderungen erleidet und daher

nicht compensirend wirken kann, so nimmt das Normalvolumen der Luft durch das Athmen ab, indem hier die Erwärmung und die Wasserdampfspannung nicht in Betracht kommen. Wir sehen daher auch in der siebenten und achten Versuchsreihe, in der Kaninchen nur eine Stunde in einem 23 bis 21 Mal so grossen Luftraume verweilten, dass dieser sich zuletzt um $^1/_{66}$ bis $^1/_{77}$ des Anfangsvolumens vermindert hatte.

Setzt man den Versuch bis zur Erstickungsnoth fort, so wird die Kohlensäureausscheidung im Laufe der Zeit im Ganzen genommen meistentheils kleiner. Die Aufnahme von Sauerstoff dauert fort und zwar nach verschiedenen Normen, wie die Folge lehren soll. Wir werden finden, dass die Verhältnisse des Stickstoffes nicht so einfach sind, als man angenommen hat. Kommt dessenungeachtet eine Abnahme des Normalvolumens der Luft in dem Athmungsbehälter in der Mehrzahl der Fälle vor, so heisst dieses, dass meistentheils der Stickstoff den Unterschied zwischen dem aufgenommenen Sauerstoff und der ausgeschiedenen Kohlensäure nicht völlig ausgleichen konnte.

Führen wir die Grössen dieser Volumensunterschiede auf Bruchtheile des Anfangsvolumens zurück, so erhalten wir aus §. 2:

Nummer der Versuchsreihe.	Thier.	Verhältnissmässiger Unterschied des Anfangs- und Endvolumens in Bruchtheilen des ersteren.		Volumen d. Luft des Athmungsraumes, das des Thieres = 1.
		Höchste Erstickungsnoth.	Tod.	
3	Junges Kaninchen	$-\,^1/_{141}$	—	9,4
4		$-\,^1/_{113}$	—	9,0
9	Anderes Kaninchen	$-\,^1/_{242}$	—	7,7
5	Altes Kaninchen	$-\,^1/_{37}$	—	3,8
6		—	$-\,^1/_{39}$	4,0
10	Ein Meerschweinch.	$-\,^1/_{106}$	—	16,6
11	Dieses u. ein zweites	$-\,^1/_{65}$	—	7,9
12	Meerschweinchen	$-\,^1/_{56}$	—	7,3
13	Katze	$-\,^1/_{28}$	—	3,7
14		$-\,^1/_{31}$	—	3,8
15		$-\,^1/_{29}$	—	3,7
17		$-\,^1/_{29}$	—	4,0
18		$-\,^1/_{29}$	—	4,6
20	Junger Hund	$-\,^1/_{53}$	—	5,4
21		$-\,^1/_{52}$	—	5,3

Nummer der Versuchsreihe.	Thier.	Verhältnissmässiger Unterschied des Anfangs- und Endvolumens in Bruchtheilen des ersteren.		Volumen d. Luft des Athmungsraumes, das des Thieres = 1.
		Höchste Erstickungsnoth.	Tod.	
19	Zwei Mäuse . . .	—	$+ {}^{1}/_{138}$	242,1
22	Maus	—	$- {}^{1}/_{231}$	711,2
23		—	$+ {}^{1}/_{320}$	685,0
24		—	$+ {}^{1}/_{81}$	570,0
25	Ratte	—	$- {}^{1}/_{89}$	128,8
26		—	$+ {}^{1}/_{163}$	112,0
16	Henne	$- {}^{1}/_{50}$	—	9,2
2	Natter	—	$+ {}^{1}/_{97}$	333,7
1	Sechs Frösche . .	$- {}^{1}/_{107}$	—	166,3

Wir sehen hieraus, dass die Volumensunterschiede immer klein sind. Der Erstickungstod kann negative oder positive Differenzen darbieten und keineswegs nur die letzteren, wie noch in neuester Zeit behauptet worden. Die negativen Grössen, welche dieselben Thiere bei verschiedenen wiederholten Versuchen liefern, liegen in der Regel nahe beisammen. Sehr merkwürdig sind übrigens die plötzlichen Volumensänderungen, wie sie das Oelmanometer hin und wieder anzeigte (z. B. in Vers. 19, §. 2).

Die Untersuchungen von Vierordt*) führten zu dem Schlusse, dass die Menge der aus dem Lungenblute frei werdenden Kohlensäure umgekehrt, wie der Kohlensäuregehalt der Athemluft zu- oder abnimmt. Diese später von mir, Störmer und Becher bestätigte Norm bildet die Hauptgrundlage der jetzt allgemein verbreiteten Ansicht, dass die Ausscheidung der Kohlensäure bei dem Athmen von den Gesetzen der Gasabsorption abhängt. Wie dieses auch noch in neuester Zeit in einer eben so gewandten, als klar und fast populär geschriebenen mathematischen Arbeit von Stefan**) über Gasabsorption geschehen ist, legt man der Betrachtung die Hypothese zum Grunde, dass die Menge des in dem Zeitdifferential aus- oder eintretenden Gases dem Druckunterschiede

*) Vierordt in R. Wagner's Handwörterb. d. Physiologie. Bd. II. Braunschweig 1847. S. 897 u. Dessen Grundriss der Physiol. d. Menschen. Frankfurt a. M. 1860. S. 147.

**) Stefan in den Sitzungsberichten d. Wiener Akademie. Bd. XXVII. Dec. 1857. S. 375—430.

desselben in dem Absorbenten und der elastisch-flüssigen Umgebung proportional sei. Da nun Kohlensäure aus dem Blute in die Athemluft unter gewöhnlichen Verhältnissen austritt, so wird demgemäss angenommen, dass die Kohlensäurespannung im Blute ursprünglich grösser ist, als der Partiardruck der Kohlensäure in der Einathmungsluft. Der letztere vergrössert sich aber im Laufe der Zeit, je mehr Kohlensäure die Lungenluft aus dem Blute empfangen hat. Dieses giebt die oben erwähnte, von Vierordt formulirte Norm. Man sieht zugleich, dass für ein und dasselbe Luftvolumen die Kohlensäure im Laufe der Zeit mit abnehmender Geschwindigkeit aus dem Blute heraustritt.

Man pflegt aus diesen Prämissen zu schliessen, dass ein Thier um so weniger Kohlensäure abgiebt, je kohlensäurereicher die Einathmungsluft ist. Die in §. 2 verzeichneten Grössen beweisen nicht selten das Gegentheil. Wir finden dort häufig genug, dass die Menge der frei gewordenen Kohlensäure in einer späteren Zeiteinheit, in der also die Einathmungsluft mehr Kohlensäure enthielt, grösser ausfiel. Da uns die nähere Untersuchung dieser Fälle auch für manche andere Schlüsse von Nutzen ist, so wollen wir die sämmtlichen hier zu prüfenden Versuchsreihen tabellarisch zusammenstellen und dabei die Grenzen der Beobachtungszeit angeben, innerhalb deren jenes Wachsthum der ausgehauchten Kohlensäure stattfand.

Versuchsnummer.	Thier.	Absolute Kohlensäuremengen.				Volumen des Athemraumes, das des Thieres = 1.
		Abnahme während der ganzen Versuchszeit.	Zunahme während des ersten bis zweiten Viertheils.	Zunahme während des zweiten bis dritten Viertheils.	Zunahme während des dritten bis vierten Viertheils.	
3	Junges Kaninchen	1	0	0	0	9,4
4		0	0	1	0	9,0
5	Altes Kaninchen . .	0	0	0	1	3,8
6		0	0	0	1	4,0
7	Junges Kaninchen	1	0	0	0	23,2
8	Anderes Kaninchen	1	0	0	0	21,2
9		0	0	1	0	7,7
10	Meerschweinchen .	0	0	1	0	16,6
11	Zwei Meerschw. . .	0	0	1	0	7,9
12		0	0	1	0	7,3

Versuchsnummer.	Thier.	Absolute Kohlensäuremengen.				Volumen des Athemraumes, das des Thieres = 1.
		Abnahme während der ganzen Versuchszeit.	Zunahme während			
			des ersten bis zweiten Viertheils.	des zweiten bis dritten Viertheils.	des dritten bis vierten Viertheils.	
13	Katze	0	0	1	0	3,7
14		1	0	0	0	3,8
15		1	0	0	0	3,7
17		1	0	0	0	4,0
18		0	0	1	0	4,6
20	Junger Hund . . .	1	0	0	0	5,4
21		0	0	1	0	5,3
19	Zwei Mäuse . . .	0	1	1	0	242,1
16	Henne	1	0	0	0	9,2
2	Natter	0	0	1	1	333,7
1	Sechs Frösche . .	0	1	1	0	166,3

Nur 8 Fälle unter 21 lieferten hiernach eine fortwährende Abnahme der absoluten Kohlensäurewerthe zu allen Perioden der Versuchszeit. Man hatte dagegen 2 Mal eine Zunahme während des zweiten Viertheils, 11 Mal innerhalb des dritten und 3 Mal im Laufe des letzten Viertheils. Von den 8 Fällen, welche eine ununterbrochene Abnahme darbieten, sind 2 auszuschliessen, weil in den Versuchsreihen Nro. 7 und 8 das Volumen der umgebenden Atmosphäre so gross und die Versuchsdauer so kurz war, dass keine bedeutenderen Athmungsbeschwerden zum Vorschein kamen. Berücksichtigen wir diese zwei Beobachtungen nicht, so dass sich die Zahl der Gesammtfälle zu 19 verkleinert, so sehen wir, dass nur in 6 oder in 32 % die Kohlensäure fortwährend sank, sonst dagegen zu irgend einer Zeit des Versuches stieg. Wir kommen daher zu dem der allgemeinen Ansicht entgegengesetzten Schlusse, dass bei dem bis zu tieferen Beschwerden fortgesetzten Athmen im geschlossenen Raume die absoluten Mengen der ausgeschiedenen Kohlensäure trotz des Wachsthumes des Partiardruckes der Kohlensäure der Einathmungsluft zu einer gewissen Versuchszeit in $^2/_3$ der Fälle wuchsen und nur in $^1/_3$ fortwährend abnahmen.

Die beiden Versuchsreihen, in denen die Erhöhung in die Zeit zwischen dem ersten und dem zweiten Viertheil fiel, beziehen sich auf Thiere, die am Wenigsten als maasgebend

gelten können. Die eine ward nämlich an Fröschen angestellt, die zugleich mit Wassermangel zu kämpfen hatten, und die andere an Mäusen, die bei den geringsten Veranlassungen Bauchathmung darbieten. Die drei Beobachtungen, in denen das Wachsthum der Kohlensäure-Ausscheidung dem letzten Viertel der Versuchszeit entsprach, treffen zwei Mal auf dasselbe Kaninchen, das zuerst dem Tode möglichst nahe gebracht wurde und bei der Wiederholung des Experimentes unterging, und die Natter, in der die auffallend tiefen Einathmungen auch noch in der letzten Lebenszeit vorkamen. Die 11 anderen Fälle endlich, in denen die Zunahme der Kohlensäure mit dem dritten Viertheil der Versuchsdauer zusammenfiel, zeigten sich an den verschiedensten Geschöpfen. Da sie $^3/_5$ aller überhaupt untersuchten Fälle und mehr als $^4/_5$ derer, in welchen die Kohlensäure-Ausscheidung stieg, ausmachten, so kommen wir zu dem Ergebnisse, dass bei der Athmung und Erstickung im geschlossenen Raume vorzugsweise der Anfang der zweiten Hälfte der Aufenthaltszeit die Bedingungen darbietet, durch welche die absoluten Mengen der ausgeschiedenen Kohlensäure neben und trotz der Erhöhung des Partiardruckes dieses Gases in der Einathmungsluft zunehmen.

Diese Thatsachen widerstreiten nicht der Hypothese, dass sich die Ausscheidung der Kohlensäure nach den Normen der Gasabsorption richtet. Suchen wir Erklärungsgründe, die sich mit jener Auffassungsweise vereinigen lassen, und berücksichtigen hierbei, wie natürlich, vorzugsweise die Athmung, so können wir von vorn herein die Annahme ausschliessen, dass die ganze Erscheinung nur von einer Aenderung der Herzthätigkeit herrührt. Sie würde eine Erhöhung der absoluten Menge der ausgehauchten Kohlensäure herbeiführen, wenn mehr Blut in der Zeiteinheit durch die Lungen und die Haut strömte, eine grössere Masse desselben gleichzeitig in jenen Theilen verweilte, oder der Blutdruck und mit ihm die Kohlensäurespannung des vorzüglichsten Absorbenten und bisweilen auch die Durchmesser der Blutgefässe zunähmen. Verfolgt man aber den Herzschlag und den arteriellen Blutdruck in einem erstickenden Thiere, so überzeugt man sich, dass die hier vorkommenden Variationen nicht tief genug eingreifen, um von der oft bedeutenden Steigerung der ausgehauchten Kohlensäure Rechenschaft zu geben. Dasselbe gilt von dem Qualitätswechsel des Absorbenten. Wollte man annehmen, dass der hohe Partiardruck der Kohlensäure der Einathmungsluft einen gewissen Theil dieses Gases zwinge, im Blute zurückzubleiben und sich daher die Spannung im

Absorbenten immer mehr steigere, bis sie endlich grösser als in der Lungenluft wäre, so könnte die Hypothese der Tensionszunahme überhaupt die anhaltende und beträchtliche Steigung, die wir vor uns haben, nur dann erklären, wenn zugleich eine bedeutende Erhöhung der Kohlensäureerzeugung in den Organen oder dem Blute mit eingriffe — eine Erscheinung, deren Gegentheil nach den später zu erwähnenden Thatsachen wahrscheinlicher ist. Die Vermehrung der Kohlensäure sollte dann auch sonst mit der des Partiardruckes der umgebenden Luft steigen. Wir sahen aber, dass die Regel dieser Bedingung nicht genügt.

Wir sind hiernach auf die Mechanik der Athembewegungen vorzugsweise angewiesen. Wäre der noch in neuester Zeit ausgesprochene Satz, dass Thiere in kohlensäurereicher Atmosphäre mehr Athemzüge machen, richtig, so wäre hiermit der Hauptschlüssel zu der gesuchten Erklärung gefunden. Nimmt die Zahl der Einathmungen zu und die Dauer derselben ab, so kommt eine reichlichere Luftmenge von geringerem Partiardrucke der Kohlensäure mit dem Blute in der Zeiteinheit in Berührung, so dass zwar der Procentwerth der Kohlensäure in dem veränderten Gase sinkt, die absolute Grösse hingegen steigt. Obgleich diese Erhöhung in unserem Falle, wo alte Ausathmungsluft eingeathmet wird, geringer wäre, als im Freien, so könnte sie immer noch das Wachsthum der absoluten Kohlensäure als Endergebniss herbeiführen. Die in §. 2 verzeichneten Beobachtungen lehren aber, dass die der Zeiteinheit entsprechenden Zahlen der Athemzüge in den Perioden der Kohlensäuresteigung abnahmen. Eine lange Dauer der Einathmung bildet ein Bedingungsglied für hohe Procent- und kleine absolute Werthe der Kohlensäure. Soll also der auf Raum und Zeit bezogene Modus der Athmung die absolute Vermehrung jenes Gases erklären, so muss der günstige Einfluss, den das grössere eingeführte Luftvolumen ausübt, den nachtheiligen der beträchtlicheren Zeitdauer übertreffen, d. h. die Einathmung muss verhältnissmässig tiefer als anhaltend sein. Wir wollen diese Athmungsart die compensirende nennen. Sie wird in unserem Falle leichter als im Freien zu Stande kommen. In diesem ist die umgebende Atmosphäre unendlich gross. Es wird daher immer eine Luftmasse von geringerem partiaren Kohlensäuredrucke mit den Athemflächen der Lungen und der äusseren Haut in Berührung gebracht. In unseren Versuchen dagegen, in denen nur das endlich beschränkte Luftvolumen des Athmungsraumes zu Gebote steht, mithin frühere Perspirationsluft der späteren Thätigkeit dient,

muss der Unterschied der Kohlensäurespannung der äusseren Luft und des Blutes geringer ausfallen. Die Geschwindigkeit der Ausgleichung steigt und sinkt aber mit der Grösse jenes Unterschiedes. Hieraus folgt, dass sich der schädliche Einfluss der längeren Dauer der Athemzüge im geschlossenen Raume weniger geltend macht als im Freien. Tiefere Einathmungen können daher in unseren Versuchen um so eher zu Ueberschüssen der absoluten Menge der Kohlensäure führen.

Sinkt die letztere von Neuem in dem weiteren Verlaufe des Aufenthaltes im geschlossenen Raume, so sind zwei Fälle möglich. Die durch die Athemzüge eingeleitete Compensation ist zu schwach, als dass sie ein fortwährendes Wachsthum der ausgeschiedenen Kohlensäure herbeiführen könnte, oder sie fehlt gänzlich, so dass der zunehmende Partiardruck als negatives Moment der Kohlensäure-Aushauchung ungebunden wirkt. Besässe man Formeln, nach denen sich der Austritt der Kohlensäure zu einer gewissen Periode aus gegebenen Constanten und der Variablen der Zeit berechnen liesse, so könnte man nach ihnen entscheiden, welcher jener beiden Fälle stattgefunden und in welchem Maasse etwa der erstere eingegriffen. Die Wissenschaft wird aber kaum je dahin gelangen, solche Gleichungen aufzustellen. Alle bisher gemachten Versuche, die ausgehauchte Kohlensäure nach theoretischen Formeln anzugeben, beruhen, wie auch ihre Verfasser bemerken, auf engeren Voraussetzungen, als bei der Athmung stattfinden. Die Werthe, die man auf diese Art erhält, können daher weder für, noch gegen die Richtigkeit von Zahlen, die Versuche geliefert haben, zeugen oder gewisse Theorien stützen. Die Form der Function, welche einer Gleichung*) der Art zum Grunde liegt, ist offenbar nur aus dem Bestreben hervorgegangen, auf einen möglichst einfachen Bruchausdruck bei der Integration zu kommen. Da keine weitere Beziehung zur Athmung vorliegt, so würde man hier eine singuläre, noch näher zu beweisende Auflösung im glücklichsten Falle haben. Der gegenwärtige Zustand der theoretischen Physik machte es nöthig, dass man die Aenderungen der Wärme bei der Aufstellung der Absorptionsgleichungen vorläufig bei Seite liess**), dass daher der Wärmewechsel des umgebenden Gases noch nicht in Rechnung gebracht wurde. Die auf die Athmung anzuwendende Absorptionsgleichung geht ferner von der Constanz der Kohlensäurespannung im Blute aus — eine

*) A. Fick, Die medicinische Physik. Braunschweig 1856. 8. S.
**) Stefan a. a. O. S. 382 u. 396.

Bedingung, die in unseren Versuchen wahrscheinlich ebensowenig, als in anderen Athmungsbeobachtungen erfüllt worden. Diese und ähnliche Bedenken bewogen mich auch, dem sonst lockenden Versuche zu widerstehen, die Kohlensäurespannung des Blutes, den Absorptionscoefficienten desselben und die in der Zeiteinheit der Luft ausgesetzte Blutmenge zu berechnen.

Die in §. 2 verzeichneten Sauerstoffwerthe bestätigen von Neuem den bekannten Satz, dass die lebhafte Sauerstoffabsorption fortdauern kann, wenn selbst der Partiardruck dieses Gases beträchtlich abnimmt — eine Erscheinung, aus der man bekanntlich auf die chemische Wirkung dieser Luftart zu schliessen pflegt. Macht sich der wachsende Partiardruck als Hinderniss der Kohlensäureausscheidung geltend, während gleichzeitig eine starke Aufnahme von Sauerstoff eingreift, so wird nach und nach mehr Sauerstoff im Verhältniss zur ausgehauchten Kohlensäure aufgenommen. Dieser Fall war schon Lavoisier vorgekommen. Er wurde von vielen späteren Forschern als Gesetz angesehen und man behauptete noch in neuester Zeit, dass der Aufenthalt im geschlossenen Raume die verhältnissmässige Sauerstoffmenge erhöhe, oder dass diese wachse, je kohlensäurereicher die Luft werde. Eine nähere Betrachtung der in §. 2 vorkommenden Werthe wird sogleich lehren, dass hier die verschiedensten Beziehungen auftreten können. Nehmen wir das in einer bestimmten, nicht immer nothwendig der vorigen gleichen Periode ausgeschiedene Volumen der ausgehauchten Kohlensäure als Einheit und führen hierauf das des verzehrten Sauerstoffes zurück, so erhalten wir:

Nummer der Versuchsreihe.	Thier.	Verhältnisswerth des Volumens des verzehrten Sauerstoffes, das der ausgeschiedenen Kohlensäure als Einheit. Periode.				Volumen d. Luft des Athmungsbehälters, das des Thieres als Einheit.
		Erste.	Zweite.	Dritte.	Vierte.	
3	Junges Kaninchen . . .	1,47	0,80	1,60	0,82	9,4
4		1,07	1,64	1,06	1,16	9,0
5	Altes Kaninch.	1,60	1,36	1,40	0,74	3,8
6		1,49	1,85	1,59	1,07	4,0
7	Junges Kan.	1,47	1,00	1,25	—	23,2
8	Anderes junges Kaninchen	1,15	1,53	1,36	—	21,2
9		1,26	1,19	—	—	7,7
10	Ein Meerschw.	1,41	1,75	0,68	1,74	16,6

Nummer der Versuchsreihe.	Thier.	Verhältnisswerth des Volumens des verzehrten Sauerstoffes, das der ausgeschiedenen Kohlensäure als Einheit. Periode.				Volumen d. Luft des Athmungsbehälters, das d. Thieres als Einheit.
		Erste.	Zweite.	Dritte.	Vierte.	
11	Zwei Meerschweinchen	1,58	1,27	1,10	—	7,9
12		1,52	1,44	0,89	1,08	7,3
13	Katze . . .	1,18	2,52	1,05	—	3,7
14		1,28	2,51	1,18	—	3,8
15		1,14	2,10	2,33	—	3,7
17		1,68	1,26	1,19	—	4,0
18		1,00	4,00	0,90	1,33	4,6
20	Junger Hund	1,31	1,20	0,92	—	5,4
21		1,40	2,32	0,94	0,92	5,3
19	Zwei Mäuse	2,86	1,11	0,43	1,86	242,1
16	Henne . . .	1,32	1,50	—	—	9,2
2	Natter . . .	(1)1,48 (2)1,35	(3)1,62 (4)1,70	(5)1,54 (6)0,09	(7) 0,55 (8) 1,37 (9.10) 3,6	333,7
1	Sechs Frösche	2,66	1,02	1,20	2,14	166,3

Diese Tabelle lehrt, dass sich die Verhältnisswerthe der Volumina des eingesogenen Sauerstoffes anders gestalten, als man bisher ohne genügende Erfahrungsgrundlage angenommen. Berücksichtigen wir zunächst die warmblütigen Geschöpfe, so sehen wir, dass die relative Grösse des Sauerstoffes 10 Mal in der zweiten Periode höher als in der ersten war, während 9 Mal das Umgekehrte stattfand. Dieses Ergebniss berechtigt nur zu dem Schlusse, dass die Zunahme des verhältnissmässigen Sauerstoffwerthes bei dem Athmen im geschlossenen Raume keineswegs immer anhielt. Denn die hohen Zahlen, welche sich meistentheils in der ersten Periode zeigen, berechtigen zu der Vermuthung, dass schon innerhalb derselben eine merkliche Steigerung gegen die erste Anfangszeit stattgefunden hat.

Vergleichen wir die verschiedenen Perioden einer und derselben Versuchsreihe unter einander, so sehen wir, dass die relative Sauerstoffmenge im Laufe des Wachsthumes der Erstickungsnoth (nur mit Ausnahme von Nro. 15 und 19) abnimmt, sei es, dass nur ein Sinken derselben vorkommt, oder eine Undulation innerhalb des verminderten Bezirkes auftritt. Die unter 7 und 8 verzeichneten Beobachtungen gehören nicht hierher, weil es der kurze Aufenthalt in dem grossen Ath-

mungsraume nicht bis zur Erstickungsnoth kommen liess. Wir können daher für die warmblütigen Geschöpfe annehmen, dass, wenn auch im Anfange die relative Sauerstoffmenge gestiegen ist, sie am Ende unter den heftigen Athembeschwerden stetig oder in auf- und niedergehenden Schwankungen sinkt. Die Natter und die Frösche dagegen lieferten in dieser Hinsicht so unregelmässige Werthe, dass sich aus ihnen kein allgemeiner Schluss annehmen lässt.

Die absolute Menge des verzehrten Sauerstoffes kann stetig sinken oder in einer späteren Periode höher, als in einer früheren liegen. Wir haben daher hier die gleichen Möglichkeiten, wie bei der Kohlensäure. Wir wollen uns diese Schwankungen so verzeichnen, dass 11 anzeigt, wenn die Kohlensäure und der Sauerstoff gleichartig wechselten. 1 bezieht sich auf den Fall, in dem nur der Sauerstoff und (1) auf den, in welchem bloss die Kohlensäure wuchs. Wir finden alsdann:

Nummer der Versuchsreihe.	Thier.	Absolute Menge des Sauerstoffes.				Verhältnissmässiges Vol. der Luft des Athmungsraumes, das des Thieres = 1.
		Allmähliche Abnahme während d. ganzen Versuchszeit.	Relative Zunahme während der			
			1. — 2. Periode.	2. — 3. Periode.	3. — 4. Periode.	
3	Junges Kaninchen	—	—	1	—	9,4
4		11	—	—	—	9,0
5	Altes Kaninchen	—	—	1	(1)	3,8
6		1	—	—	(1)	4,0
7	Junges Kan.	11	—	—	—	23,2
8	Andres junges Kaninchen	11	—	—	—	21,2
9		—	11	—	—	7,7
10	Ein Meerschw.	—	—	(1)	1	16,6
11	Zwei Meerschweinchen	—	—	11	—	7,9
12		1	—	(1)	—	7,3
13	Katze	1	—	1	—	3,7
14		—	1	(1)	—	3,8
15		11	—	—	—	3,7
17		11	—	—	—	4,0
18		—	—	(1)	1	4,6
20	Junger Hund	11	—	—	—	5,4
21		1	—	(1)	—	5,3
19	Zwei Mäuse	1	(1)	—	—	242,1
16	Henne	11	—	—	—	9,2
2	Natter	—	—	11	11	333,7
1	Sechs Frösche	—	—	11	—	166,3

Obgleich die absoluten Mengen der ausgeschiedenen Kohlensäure und des verzehrten Sauerstoffes 12 Mal gleichsinnig schwankten, so haben wir doch anderseits 8 Beispiele, in denen nur die Kohlensäure und 11, in welchen der Sauerstoff allein zunahm. Wir sehen hieraus, dass die unabhängige Vergrösserung eines jener beiden Werthe häufiger als die gleichzeitige Aenderung auftrat. Man muss daher schliessen, dass auch die Ursachen dieses Wechsels bis zu einem gewissen Grade von einander unabhängig sind und das compensirende Athmen, welches die Menge der ausgehauchten Kohlensäure vergrössert, nicht immer die des verzehrten Sauerstoffes in gleichem Maasse wachsen lässt.

Um ein übersichtliches Bild des Ganges der Schwankungen der frei gewordenen Kohlensäure und des verzehrten Sauerstoffes während des Athmens im geschlossenen Raume zu gewinnen, wollen wir die in der letzten Periode der höchsten Athmungsnoth für 1 Kilogrammen und 1 Stunde erhaltenen Werthe jedes einzelnen Gases als Einheit zum Grunde legen und die für die übrigen Zeitabschnitte geltenden Zahlen auf diesen Grundwerth beziehen. Ich setze dabei der Anschaulichkeit wegen die Kohlensäurereihe in erster und die Sauerstoffreihe in zweiter Linie und bezeichne jene mit C. und diese mit O. Wir haben:

Nummer der Versuchsreihe.	Thier.	Auf 1 Kilogr. und 1 Stunde kommende verhältnissmässige Gewichtsmenge. Periode.			Verhältnissm. Vol. d. Athmungsraumes, das d. Thieres = 1.
		Erste.	Zweite.	Dritte.	
3	Junges Kaninchen	C. 2,13	1,64	1,14	9,4
		O. 3,13	1,41	1,81	
4		C. 2,75	1,30	1,52	9,0
		O. 2,67	1,93	1,47	
5	Altes Kaninchen	C. 1,56	0,93	0,91	3,8
		O. 3,35	1,71	1,72	
6		C. 1,36	0,86	0,84	4,0
		O. 1,91	1,49	1,25	
7	Junges Kaninchen	C. 2,17	1,70	—	23,2
		O. 2,55	1,36	—	
8	Anderes junges Kaninchen	C. 3,00	1,59	—	21,2
		O. 2,51	1,91	—	
9		C. 0,91	—	—	7,7
		O. 0,96	—	—	
10	Ein Meerschweinchen	C. 1,04	0,80	1,52	16,6
		O. 0,84	0,80	0,60	

Nummer der Versuchsreihe.	Thier.	Auf 1 Kilogr. und 1 Stunde kommende verhältnissmässige Gewichtsmenge. Periode. Erste.	Zweite.	Dritte.	Verhältnissm. Vol. d. Athmungsraumes, das d. Thieres = 1.
11	Zwei Meerschweinchen	Č. 0,66	0,65	—	7,9
		O. 1,19	0,94	1,14	
12		Č. 2,46	1,94	2,25	7,3
		O. 3,74	2,80	2,02	
13	Katze . .	Č. 1,39	0,83	—	3,7
		O. 1,56	1,20	—	
14		Č. 1,26	1,03	—	3,8
		O. 1,38	2,21	—	
15		Č. 2,61	1,09	—	3,7
		O. 1,92	1,46	—	
17		Č. 1,91	1,51	—	4,0
		O. 2,70	1,60	—	
18		Č. 2,31	0,58	1,07	4,6
		O. 1,26	1,21	0,52	
20	Jung. Hund	Č. 2,02	1,42	—	5,4
		O. 3,60	2,35	—	
21		Č. 1,53	0,60	1,08	5,3
		O. 2,32	1,52	1,10	
19	Zwei Mäuse	Č. 0,45	0,91	—	242,1
		O. 2,97	2,40	—	
16	Henne . .	Č. 2,05	1,10	—	9,2
		O. 1,64	—	—	
2	Natter . .	Č. (1) 7,05 (2) 4,68 (3) 2,22	(4) 2,05 (5) 6,59 (6) 1,26	(7) 4,21 (8) 4,16	333,7
		O. (1) 2,91 (2) 1,76 (3) 1,00	(4) 0,97 (5) 2,78 (6) 0,03	(7) 0,65 (8) 1,60	
1	Sechs Frösche	Č. 1,20	1,28	2,00	166,3
		O. 1,47	0,94	1,09	

Die Werthe, aus welchen diese Zahlen hergeleitet wurden, sind sämmtlich in der gleichen Gewichtseinheit ausgedrückt und auf dieselben Einheiten der Körperschwere und der Aufenthaltszeit zurückgeführt. Man kann sie daher numerisch vergleichen, während dieses bei den früheren Volumensgrössen wegen der bisweilen vorkommenden Ungleichheit der Perioden nicht der Fall war. Betrachten wir nun zunächst die Säugethiere, so sehen wir, dass die ausgeschiedene Kohlensäure der ersten Periode nur 3 Mal und der verzehrte Sauerstoff nur 2 Mal kleiner war, als die entsprechenden Grössen, welche dem letzten Zeitabschnitte zukamen. Diese zwischen 0 und 1 liegenden relativen Werthe gehören sämmtlich anomalen Verhältnissen an. Sie stammen von einer unvollständigen am

Kaninchen angestellten Versuchsreihe, den Meerschweinchen und den Mäusen, Thieren, die bei der geringsten Veranlassung Bauchathmung darbieten. Gehen wir zu regulären Verhältnissen über, so betrug die in der ersten Periode ausgeschiedene Kohlensäuremenge 2 bis 3 Mal so viel, als die in der letzten gelieferte, in 8 und 1 bis 2 Mal so viel in 7 Fällen unter 18. Der Sauerstoff war im Anfange 3 bis 4 Mal so gross, als am Ende in 4, 2 bis 3 Mal in 7 und 1 bis 2 Mal in 5 Beobachtungen. Dieses lehrt, dass zuletzt die Menge des verzehrten Sauerstoffes beträchtlicher herabzugehen pflegt, als die der ausgehauchten Kohlensäure — eine Folgerung, deren Gegentheil hin und wieder Theorien zu Liebe behauptet worden.

Durchlaufen wir die wagerechten Reihen unserer Tabelle, so sehen wir, dass die Mehrzahl der Fälle eine anhaltende Abnahme der Mengen der ausgeschiedenen Kohlensäure und des verzehrten Sauerstoffes darbot. Sie wiederholte sich im Ganzen in 21 Versuchsreihen 16 Mal für die Kohlensäure und eben so oft für den Sauerstoff, während 2 der 5 entgegengesetzten Fälle auf die Natter und die Frösche kommen. Der Gang der Abnahme bietet so viele Verschiedenheiten, dass die Darstellung derselben ohne Kenntniss aller Einzelverhältnisse irre leiten würde.

Dasselbe gilt von der Durchführung eines anderen Gedankens. Stirbt ein Thier im geschlossenen Raume, so wird der übrig bleibende Sauerstoff der Luft des Athmungsbehälters um so kleiner ausfallen, je länger der Organismus der Erstickungsnoth widerstehen konnte. Die Widerstandsgrösse wächst nach irgend einem Gesetze umgekehrt, wie die Menge des zurückgelassenen Sauerstoffes. Man könnte jene messen, wenn es möglich wäre, die Versuche unter ganz gleichen Nebenbedingungen zu wiederholen oder die Einflüsse dieser letzteren durch bekannte Functionen auszudrücken. Da keines von beiden möglich ist, so muss man auch auf jede numerische Bestimmung jener Widerstandsgrösse, welche die Resultante der gegebenen physiologischen Zustände bilden würde, verzichten.

Wir wollen nun die auf die gleichen Einheiten der Körpermasse und der Aufenthaltszeit bezogenen Gewichtsmengen für die zwei ersten Perioden zusammenstellen und die entsprechenden Werthe der Volumenprocente der Endluft zum Vergleiche hinzufügen.

Nummer der Versuchsreihe.	Thier.	Volumenprocente. Erste Periode.	Volumenprocente. Zweite Periode.	Gewicht in Grm. für Erste Periode.	Gewicht in Grm. für Zweite Periode.	Verhältnissmässiges Volumen des Athmungsraumes, das des Thieres = 1.
3	Junges Kaninchen	C. 5,22	8,71	C. 1,516	1,168	9,4
		O. 13,50	10,50	O. 1,618	0,728	
4		C. 6,67	9,78	C. 1,696	0,800	9,0
		O. 14,15	9,03	O. 1,049	0,756	
5	Altes Kaninchen	C. 4,32	6,87	C. 1,081	0,644	3,8
		O. 14,61	11,17	O. 1,246	0,637	
6		C. 4,76	7,75	C. 1,034	0,651	4,0
		O. 14,13	8,69	O. 1,120	0,877	
7	Junges Kaninchen	C. 1,31	3,29	C. 1,999	1,559	23,2
		O. 19,31	17,41	O. 2,128	1,136	
8	Anderes junges Kaninchen	C. 1,81	3,71	C. 2,583	1,374	21,2
		O. 19,08	16,24	O. 2,138	1,524	
9		C. 1,67	4,04	C. 0,571	0,625	7,7
		O. 18,97	16,19	O. 0,520	0,539	
10	Ein Meerschw.	C. 1,48	2,57	C. 1,625	1,234	16,6
		O. 19,12	17,21	O. 1,662	1,562	
11	Zwei Meerschweinchen	C. 3,19	6,28	C. 1,701	1,669	7,9
		O. 16,20	12,33	O. 1,952	1,535	
12		C. 4,65	8,29	C. 2,322	1,835	7,3
		O. 14,22	9,00	O. 2,563	1,917	
13		C. 5,92	8,02	C. 1,782	1,064	3,7
		O. 14,33	9,34	O. 1,528	1,171	
14		C. 3,90	7,11	C. 1,143	1,066	3,8
		O. 16,25	8,44	O. 0,935	1,708	
15	Katze	C. 7,10	10,16	C. 1,741	0,726	3,7
		O. 13,13	7,05	O. 1,456	1,112	
17		C. 4,67	8,37	C. 1,346	1,066	4,0
		O. 13,52	8,97	O. 1,645	0,976	
18		C. 5,15	6,42	C. 1,858	0,466	4,6
		O. 16,22	11,39	O. 1,342	1,291	
20	Junger Hund	C. 5,28	9,00	C. 1,422	1,006	5,4
		O. 14,39	9,94	O. 1,353	0,882	
21		C. 2,90	4,03	C. 1,545	0,611	5,3
		O. 17,16	14,60	O. 1,569	1,031	
19	Zwei Mäuse	C. 0,65	1,85	C. 7,054	14,355	242,1
		O. 19,48	18,03	O. 14,672	11,612	
16	Henne	C. 4,46	6,83	C. 2,061	1,109	9,2
		O. 15,39	11,83	O. 1,973	1,206	
2	Natter	C. 1,50	2,45	C. 0,123	0,082	333,7
		O. 19,13	17,75	O. 0,132	0,080	
1	Sechs Frösche	C. 1,27	2,56	C. 0,139	0,149	166,3
		O. 18,03	16,60	O. 0,267	0,110	

Das Thier athmete natürlich die verhältnissmässig reinste Luft während der ersten Versuchsperiode. Die für sie erhaltenen

Werthe werden sich insofern denen, welche man im Freien erhalten würde, am meisten nähern. Wir dürfen aber einerseits nicht übersehen, dass das Einsetzen in den Athmungsbehälter von Gegenbewegungen und Beängstigung des Thieres begleitet ist. Die hierdurch erzeugte Unruhe wird mehr oder minder in der ersten Versuchsperiode fortdauern und die Grösse des Gaswechsels in der Regel erhöhen. Die Ausscheidung der Kohlensäure kann anderseits durch die immer mehr fortschreitende Verderbniss der Luft abnehmen, vorausgesetzt, dass keine Compensation durch die Art der Athembewegung stattfindet. Setzt man den Versuch nur kurze Zeit fort oder wählt einen so grossen Athembehälter, dass man nur geringe Kohlensäureprocente ($1^1/_2$ bis $5\,^0/_0$) in dem Gase des letzteren nach längerem Aufenthalte antrifft, so wird dieser letzte Umstand nur in sehr untergeordnetem Maasse eingreifen. Zieht man die Gestattung eines weiten Athmungsraumes der Kürze der Beobachtungszeit zur Erreichung niederer Kohlensäureprocente vor, so wird man auch den erwähnten Einfluss der Angst kleiner machen und so Zahlen erhalten, die sich den natürlichen Verhältnissen möglichst nähern. Wie ich schon bei Gelegenheit früherer Untersuchungen bemerkte, wurden diese Bedingungen eingehalten, wenn ich die Kohlensäure und den Sauerstoff der Lungen- und Hautausdünstung gleichzeitig prüfte, da die fortwährende Durchleitung des Luftstromes durch den Athmungsbehälter keine scharfe Bestimmung des verzehrten Sauerstoffes gestatten und die regelrechte Athmung leicht stören würde. Jene älteren Beobachtungen lehrten schon, dass das Verfahren, Thiere in grossen geschlossenen Räumen nicht allzu kurze Zeit, aber auch nur bis zu geringen Steigungen der Kohlensäureprocente der umgebenden Luft verweilen zu lassen, mindestens ähnliche, ja zum Theil noch höhere Werthe der absoluten Mengen liefert, als die Methode von Regnault und Reiset, in denen vorzugsweise der unausgesetzte Luftstrom und die durch die Anhäufung von Nahrungsmitteln, Koth und Urin bedingte Unreinlichkeit Störungen bereiten. Dasselbe bestätigt sich in den uns hier beschäftigenden Erfahrungen.

Stellen wir uns die hierher gehörenden Werthe zusammen, so haben wir:

Versuchsnummer.	Thier.	Kohlensäureprocente der Endluft.	In Grm. ausgedrückte Mengen für 1 Kilogr. Körpergewicht und 1 Stunde		Vol. der Luft des Athmungsraumes, das d. Thieres = 1.
			Ausgeschiedene Kohlensäure.	Verzehrter Sauerstoff.	
5	Altes Kaninchen	4,32	1,081	1,246	3,8
6		4,76	1,034	1,120	4,0
7	Junges Kaninchen	1,31	1,999	2,128	23,2
8		1,81	2,583	2,138	21,2
9		1,67	0,571	0,625	7,7
10	Meerschweinchen	1,48	1,625	1,662	16,6
11		3,19	1,701	1,952	7,9
12		4,65	2,322	2,563	7,3
14	Katze	3,90	1,143	0,935	3,7
15		4,67	1,346	1,645	4,0
21	Hund	2,90	1,545	1,569	5,3
22	Zwei Mäuse . .	1,85	14,355	11,612	242,1

Manche dieser Werthe zeichnen sich zum Theil durch ihre Grösse aus. Dieses gilt vorzüglich von denen der kleineren Thiere, wie der jungen Kaninchen, der Meerschweinchen und vor Allem der Mäuse, in denen die ausserordentliche Grösse des Gaswechsels die Erhaltung einer höheren Eigenwärme des an Volumen kleinen und an Oberfläche verhältnissmässig grossen Körpers wesentlich erleichtert. Die vorletzte Tabelle lehrt zugleich, dass die, so viel ich weiss, bisher nicht untersuchte Natter nur so geringe Werthe der ausgeschiedenen Kohlensäure und des verzehrten Sauerstoffes lieferte, als man bis jetzt von Fröschen bei lebhafterer Athmung derselben erhalten hat. Man sieht endlich, dass die nicht hohen relativen Sauerstoffwerthe weder in dem Kohlensäurereichthum der Einathmungsluft, noch in den an und für sich bedeutenden Grössen der Kohlensäure-Ausscheidung begründet sein konnten.

Die in der vorletzten Tabelle zusammengestellten Grössen bestätigen von Neuem, dass man meist zu kleine Zahlen der absoluten Mengen finden würde, wenn man die Zeiten, in denen der Kohlensäuregehalt der Einathmungsluft auf 5 bis 10 % gestiegen war, mit den früheren verbinden wollte. Dessenungeachtet erhielte man aber selbst dann meistentheils Mittelwerthe, wie sie auch sonst bei allen Untersuchungs-

methoden vorkommen und durch Schwankungen in der Mechanik der Athembewegungen häufig bedingt werden.

Die absoluten Stickstoffunterschiede, welche die Berechnung ergab, lagen innerhalb der möglichen Fehlergrenzen in 8 Versuchsreihen. Die übrigen zeigten beträchtlichere Abweichungen, deren Natur aber auch noch zweifelhaft bleibt, so lange sie nicht 0,2 Liter überschreiten. Tragen wir die grösseren Differenzen in eine Tabelle zusammen, so erhalten wir:

Nummer der Versuchsreihe.	Thier.	Stickstoffunterschied in der ersten Periode.	zweiten Periode.	dritten Periode.	vierten Periode.	Vol. der Luft des Athmungsraumes, das d. Thieres = 1.
3	Junges Kaninchen	+ 0,141	—	—	—	9,4
4		—	+ 0,172	—	—	9,0
6	Altes Kaninchen	—	+ 0,158	—	—	4,0
8	Anderes junges Kan.	—	+ 0,158	—	—	21,2
12	2 Meerschweinchen	—	+ 0,124	—	—	7,3
13	Katze	—	+ 0,154	—	—	3,7
14		—	+ 0,288	—	—	3,8
15		—	+ 0,154	—	—	3,7
17		+ 0,127	—	—	—	4,0
18		—	+ 0,256	—	—	4,6
21	Junger Hund	—	—	—	— 0,110	5,3
19	Zwei Mäuse	—	—	—	+ 0,871	242,1
22	Maus	—	—	—	+ 0,328	711,2
23		—	—	—	+ 1,224	685
24		—	—	—	+ 1,204	570
25	Ratte	—	—	—	+ 0,634	128,8
26		—	—	—	+ 0,402	112
16	Henne	—	+ 0,109	—	—	9,2
1	Sechs Frösche	—	—	—	+ 0,418	166,3

Wir können hiernach annehmen, dass alle vertrauenswerthen Stickstoffunterschiede positiv ausfielen. Denn der einzige, dem Hunde angehörende negative Werth liegt noch innerhalb der Grenzen der möglichen Beobachtungsfehler, wenn wir diese bis $\pm$ $^1/_{60}$ des Endvolumens der Sicherheit wegen ausdehnen.

Die Ueberschüsse zerfallen in zwei Klassen. Die in dem geschlossenen Raume erstickten Mäuse und Ratten lieferten auffallend grosse positive Stickstoffunterschiede, ohne dass sich angeben liesse, wann sie zu Stande kamen. Der bei Weitem grösste Theil der anderen Stickstoffüberschüsse, von denen manche (Nro. 14 und Nro. 18) unzweifelhaft jenseits, die

übrigen aber zum Theil noch in den möglichen Grenzen der Beobachtungsfehler liegen, fallen auf die zweite Periode, während die späteren Zeitabschnitte keine solchen Unterschiede darbieten. Bemerkt man diese in einer Gasmischung, in der das Thier zu Grunde gegangen, so darf man daher nicht schliessen, dass sie von den Zeiten der grössten Athemnoth herrühren. Allen und Pepys*) wollten übrigens schon gefunden haben, dass ein Mensch, der Sauerstoff einathmet, am Anfange die grösste Menge von Stickstoff und später immer kleinere Quantitäten oder gar keinen Stickstoff mehr ausscheidet. Die unvollkommenen eudiometrischen Methoden, welche diesen Beobachtungen zum Grunde liegen, und die neueren abweichenden Ergebnisse, die Regnault und Reiset, so wie z. Th. Bernard an Thieren erhalten haben, machen eine abermalige Untersuchung dieses Gegenstandes wünschenswerth.

---

*) Allen und Pepys in den Philos. Transact. MDCCCIX. p. 409.

Beiträge zur Pneumatologie des Blutes.

Von

J. Setschenow aus Moskau *).

(Hierzu Tafel I.)

In Bezug auf die Frage der Absorption des Sauerstoffs durch das Blut ist schon Manches gethan. L. Meyer in seiner vortrefflichen allgemein bekannten Abhandlung „Ueber die Gase des Blutes" hat den wichtigen Satz aufgestellt, dass diese Erscheinung, weit entfernt dem Dalton'schen Gesetze zu folgen, zwischen gewissen Grenzen fast unabhängig vom Drucke geschieht und nur von der Zusammensetzung des Blutes abhängig ist. Fernet (du role des principaux éléments du sang dans l'absorption ou le dégagement des gaz de la respiration. Ann. des sciences nat. IV. série. Tom 8. 1857) that einen Schritt weiter: er zerlegte das Blut in seine Hauptbestandtheile und bestimmte experimentell den Einfluss, welchen jeder einzelne auf die Absorptionsgrösse des Sauerstoffs ausübt. Wenn man zu dem Gesagten noch hinzufügt, dass beide Gelehrte solche Absorptiometer construirt haben, welche ziemlich genaue Resultate geben**), so könnte man denken, dass durch die beiden Arbeiten alle Mittel gegeben worden sind, die absoluten Absorptionsgrössen für Sauerstoff im Blute in jedem einzelnen Falle sehr genau bestimmen zu können. Dem ist aber nicht so; die zu diesem Zwecke von L. Meyer und Fernet angestellten Versuche sind beiden misslungen. Der letzte bekam in zwei von ihm veröffentlichten Fällen (a. a. O. S. 208) als absolute Absorptionsgrössen 12,37 und 12,36 Vol. Sauerstoff auf 100 Vol. Blut; dagegen gab ihm

---

*) Aus dem 3. Bande der Sitzungsberichte der Wiener Akademie vom Verf. zum Abdruck mitgetheilt.

**) L. Meyer hat bekanntlich mit seinem Apparate den Absorptionscoëfficienten für CO_2 im Wasser sehr nahe dem Bunsen'schen gefunden.

die Analyse der aus dem arteriellen Blute gewonnenen Gase von 15,7 bis 20,2 Vol. O auf dieselbe Blutmenge (S. 213). Diesen Unterschied lässt er nicht unbeachtet und macht sonderbarerweise die Bemerkung dazu (S. 213), dass die letzten Zahlen kleiner seien als diejenigen, welche durch das Schütteln des gasfreien Blutes mit Sauerstoff bekommen worden sind. L. Meyer blieb mit seinen Versuchen so unzufrieden (er bekam einmal als Absorptionsgrösse auf 100 Vol. Blut 9 Vol. O, das andere Mal 20 Vol. O), dass er sogar die directe Methode zur Bestimmung der absoluten Absorptionsgrössen verwarf und an deren Stelle das indirecte Verfahren des Blutauskochens empfahl (Die Gase d. Bl. Götting. 1857, S. 56.). Als Fehlerquellen des directen Verfahrens bezeichnet er das nicht vollständige Auspumpen der Gase aus dem Blute, das Wiedereindringen von Luft in das luftleere Blutgefäss u. s. w. Was die erste Fehlerquelle betrifft, so ist leicht zu bemerken, dass auch das Verfahren des Auskochens damit in eben so hohem, wenn nicht höherem Grade behaftet ist. Die zweite Fehlerquelle ist aber durch Vorsicht immer zu beseitigen, dafür sprechen ja die Resultate seines eigenen Versuches mit der Absorption der Kohlensäure im Wasser. Eine grosse Anzahl von Versuchen mit dem Meyer'schen Absorptiometer, welche ich in dem Laboratorium von Prof. Ludwig anstellte, setzte mich in den Stand, der Ursache der grossen Schwankungen in den Absorptionsgrössen für Sauerstoff im Blute, welche L. Meyer erhielt, auf die Spur zu kommen. Es stellte sich nämlich heraus, dass diese Schwankungen nicht in der Mangelhaftigkeit des Absorptiometers, sondern in dem Blute selbst und hauptsächlich in der Art und Weise, wie dieses von Gasen befreit wird, ihren Grund haben.

Die oben angeführten Abhandlungen von L. Meyer und Fernet enthalten keine bestimmte Antwort darauf, wie lange das Auspumpen der Gase aus dem Blute fortgesetzt werden soll, damit man sicher sei, dass es gasfrei ist. Fernet glaubt blos dessen sicher zu sein, weil seine Absorptionsversuche so sehr mit einander übereinstimmen. L. Meyer nimmt einmal als Regel an, das Auspumpen eine halbe Stunde nach dem Beginne des grossblasigen Kochens fortzusetzen, das andere Mal pumpt er die Gase noch eine geraume Zeit nach dem Verschwinden der rothen Farbe des Blutes aus. Es ist leicht einzusehen, dass in unserem Falle mit der Angabe über die Zeitdauer des Auskochens noch gar nichts gesagt ist, so lange man die Grösse der kochenden Oberfläche, das Verhältniss zwischen dem Rauminhalte des Vacuums

und dem Volumen des Blutes und die Temperatur des letzteren nicht angegeben hat. Das Anzeichen, dass das Blut gasfrei ist, soll vielmehr durch eine Eigenschaft des Blutes selbst gegeben werden, und erst wenn so ein Merkmal gefunden, bekommt die Bestimmung der absoluten Absorptionsgrössen einen Halt. Dieses Merkmal glaube ich gefunden zu haben. Um es aber schärfer hervorzuheben, erlaube ich mir die Erscheinungen, welche das im Vacuum kochende Blut darbietet, etwas weitläufiger, als es bis jetzt geschehen, zu besprechen.

Die Entwickelung der Gase aus dem Blute ist mit dem Schäumen desselben verbunden. Der Schaum ist zuerst feinblasig, die Blasen platzen schwer und entwickeln sich fortwährend. Bei weiterem Auspumpen werden die Blasen allmählich grösser und nicht so zähe, das Blut kocht aber nicht mehr ununterbrochen; das Manometer an der Luftpumpe zeigte manchmal nicht über 5 Millim. Spannung (zwischen dem Blutrecipienten und der Luftpumpe befindet sich ein Chlorcalciumrohr) und das Blut stand ruhig. Eine leichte Erschütterung macht dieser Ruhe gewöhnlich ein Ende. Allmählich hört das Schäumen des Blutes auf; dann wird die Flüssigkeit durch die sich entwickelnden Dampfblasen von Zeit zu Zeit in ihrer ganzen Masse emporgehoben, beim Herabfallen zeigt sie aber eine von Schaum ganz freie Oberfläche. Die Kugelröhren, welche zwischen dem Blutrecipienten und dem Chlorcalciumrohre sich befinden, enthalten ebenfalls keinen Schaum mehr*). Ihre Wände sind alsdann mit einer so dünnen Blutschicht benetzt, dass sie grün gefärbt erscheinen. In einer Schicht von 2—3 Cent. betrachtet, hat aber das Blut zu dieser Zeit noch einen merklichen Stich in's Rothe.

Lange Zeit habe ich die so weit ausgepumpte Flüssigkeit für gasfrei gehalten, dazu glaubte ich durch die Abwesenheit des Schaumes beim Kochen derselben berechtigt zu sein. Die mit solchem Blute angestellten Versuche gaben mir dieselben Absorptionsgrössen für Sauerstoff, wie sie Fernet und auch L. Meyer in seiner ersten Versuchsreihe bekommen hatten. Einige von meinen Versuchen führe ich an. Das Blut war von Hunden und immer aus der Art. carotis genommen; nach dem Schütteln mit Sauerstoff erlangte es die hellrothe arterielle Farbe immer wieder.

*) Ich erwähne dieses Umstandes deswegen, weil, wie wir später sehen werden, die Anwesenheit von Schaum in diesen Röhren nach Beendigung des Auspumpens in die Absorptionsversuche einen Fehler einführt, der nicht berechnet werden kann.

	1. Versuch		2. Versuch		3. Versuch		4. Versuch		5. Versuch		6. Versuch	
	vor der Absorpt.	nach der Absorpt.	vor der Absorpt.	nach der Absorpt.	vor der Absorption	nach der Absorpt.	vor der Absorption	nach der Absorption	vor der Absorpt.	nach der Absorpt.	vor der Absorpt.	nach der Absorpt.
Volumen des Blutes	67,815	67,815	62,918	62,918	73,299	73,299	83,767	83,767	71,131	71,131	67,255	67,255
Beob. Vol. des Gases	142,65	139,46	133,88	129,37	150,67	146,68	124,44	118,54	132,11	128,00	138,93	135,56
Temperatur	15,9° C.	16° C.	11,4° C.	11,8° C.	19,25° C.	19,5° C.	19,75° C.	19,75° C.	18° C.	18° C.	18,6° C.	18,6° C.
Druck in Meter . . .	0,522	0,4865	0,4539	0,4079	0,5192	0,4792	0,4894	9,4249	0,4643	0,4213	0,5163	0,4783
Vol. d. Gases red. auf 0° und 1 M. Dr.	70,369	64,09	58,361	50,585	73,089	65,605	56,805	46,980	57,548	50,593	67,156	60,705
Absorptions-Grösse für 0 auf 100 Th. Blut.	9,295		12,359		10,21		11,49		9,777		9,59	

Es ist bekannt, dass das Vacuum allein nicht hinreichend ist, um das Blut gasfrei zu machen; die Flüssigkeit muss zugleich wenigstens bis zur Temperatur unseres Körpers erwärmt werden. Ich wusste es und unterliess beim Auspumpen nie, das Blut bei einer Temperatur von 35^0—45^0 C. zu halten. Wusste aber nicht, dass beim Sinken dieser Temperatur das Blut, welches zwar des grösseren Theiles seiner Gase beraubt, doch bei weitem nicht gasfrei ist, die Fähigkeit besitzt, ohne Schäumen zu kochen. Diese Erfahrung machte ich erst später und dadurch hat sich das Nichtschäumen des kochenden Blutes als ein ungenügendes Merkmal für das Vorhandensein der Gase im Blute erwiesen. Ich habe nämlich bemerkt, dass, wenn man das Blut inmitten des Auspumpens zu erwärmen aufhört und weiter auspumpt, so kommt endlich der Zeitpunkt, wo es ohne Schaum kocht; man braucht aber die Flüssigkeit von Neuem zu erwärmen und es fängt wieder an zu schäumen.

Das weitere Auspumpen führte mich endlich zu dem gewünschten Ziele. Ich bekam gasfreies Blut*) (nur so zu verstehen, dass in dem Blute bloss Spuren von Gas bleiben, welche die Absorptionsgrössen kaum beeinflussen) und zugleich damit eine in die Augen springende Veränderung an demselben. Das Blut nahm, in einer Schicht von 2—3 Cent. betrachtet, eine vollständig schwarze Farbe an. Es muss sogleich bemerkt werden, dass, wenn das Auspumpen nahe an diesem Punkt unterbrochen wird, die schwarze Farbe nichts desto weniger in 5—10 Minuten von selbst eintritt, ohne dass dabei eine sichtbare Gasentwickelung stattfände. In den gleich mitzutheilenden Versuchen mit dem bis zu diesem Grade ausgepumpten Blute war dasselbe wie früher von Hunden und aus der Carotis genommen.

*) Den Beweis dafür siehe pag. 118.

	1. Versuch		2. Versuch		3. Versuch		4. Versuch	
	vor der Absorption	nach der Absorption	vor der Absorption	nach der Absorption	vor der Absorption	nach der Absorption	vor der Absorption	nach der Absorption
Volumen d. Blutes	76,021	76,021	71,27	71,27	69,564	69,564	67,73	67,73
Beobacht. Volumen des Gases	152,17	145,57	149,57	141,35	146,43	137,18	153,00	140,42
Temperatur . .	17,5° C.	17,5° C.	16,6° C.	16,8° C.	18,2° C.	18,3° C.	16,1° C.	16,2° C.
Druck	0,6024	0,5359	0,4834	0,4069	0,5044	0,4315	0,4936	0,4397
Volumen d. Gases reducirt auf 0° u. 1 Met. Druck	86,149	73,315	68,161	54,197	69,246	55,476	71,322	58,291
Absorptionsgrösse für 8 auf 100 Th. Blut	16,882		19,594		19,794		19,241	

Von den Absorptionsgrössen dieser Tabelle ist die erste der von L. Meyer in seiner 2. Versuchsreihe erhaltenen (die Gase des Blutes S. 55) ziemlich gleich, die drei anderen übertreffen sie beträchtlich. Die erste, obgleich geringer als die übrigen, übertrifft jedoch die von Fernet, L. Meyer und mir gefundenen Maximalwerthe für O im normalen arteriellen Blute (von 12—15 Vol. %). Es wird also Niemand zweifeln, dass die Zahlen meiner 2. Tabelle den wahren Absorptionsgrössen viel näher als die der ersten stehen.

Ich wage aber nicht zu behaupten, dass sie in der That wahre Absorptionsgrössen ausdrücken, weil in keinem Versuche der zweiten Tabelle das Blut nach dem Schütteln mit Sauerstoff die dem arteriellen Blute eigene hellrothe Farbe wieder erlangte, sondern dunkelroth blieb. Worin diese merkwürdige Thatsache ihren Grund hat, bleibt zu erforschen. Jetzt lässt sich darüber nur so viel sagen, dass sie nicht etwa durch das ungenügende Schütteln des Blutes mit Sauerstoff bedingt war; denn bei den Versuchen der 1. Tabelle, wo das Schütteln auf dieselbe Weise geschah, kam die Thatsache doch nie zum Vorschein. Ausserdem habe ich zwei Mal das Blutgefäss nach beendeter Sauerstoffabsorption von dem Manometer getrennt und mit atmosphärischer Luft möglichst

stark geschüttelt, — die hellrothe Farbe blieb immer aus. Keinenfalls scheint diese Erscheinung von dem Wasserverluste abzuhängen, welchen das Blut beim Auspumpen der Gase erleidet; denn einmal habe ich diesen Verlust vor der Absorption compensirt, das Blut blieb nichtsdestoweniger nach dem Schütteln mit Sauerstoff dunkelroth.

Es sei dem aber wie ihm wolle, die Absorptionsversuche können nur mit dem Blute, welches bis zur vollständig schwarzen Farbe ausgepumpt war, angestellt werden, denn nur bei dieser Bedingung hat man die Gewissheit, mit einer gasfreien Flüssigkeit zu experimentiren. Dazu muss aber das Kochen des Blutes verhältnissmässig sehr lange fortgesetzt werden, und dieser Umstand führt in die Absorptionsversuche mit dieser Flüssigkeit eine neue Fehlerquelle ein. Ich wende mich jetzt zur Erläuterung derselben.

Beim Auspumpen der Gase verliert das Blut nothwendig einen Theil seines Wassers. Ausserdem bleibt nach Beendigung dieser Operation ein Theil des Blutes in den zur Vergrösserung des Vacuums dienenden Kugelröhren zurück. Diese beiden Uebelstände sind der Aufmerksamkeit von L. Meyer natürlich nicht entgangen; er erwähnt ihrer, bestimmt aber die Grössen derselben nicht (l. c. S. 23), weil bei ihm immer eine ziemliche Quantität Blut als Schaum in den Kugelröhren zurückbleibt. Bei mir ist glücklicher Weise diese letztere Quantität so unbedeutend, dass sie kaum die Grenzen der Ablesungsfehler in einem so weiten Rohre, wie das blutführende ist, überschreitet und folglich vernachlässigt werden kann*). Dadurch war ich im Stande, den Wasserverlust zu bestimmen. Das kann auf zwei verschiedene Weisen gemacht werden:

1. Man liest das Volumen des Blutes vor und nach dem Auspumpen ab; die Differenz zwischen beiden ist dem Volumen des verloren gegangenen Wassers gleich.

2. Man schiebt zwischen den Blutrecipienten und die Luftpumpe ein gewogenes Chlorcalciumrohr ein, welches nach dem Auspumpen wieder gewogen wird; die Differenz zwischen beiden Gewichten giebt den Wasserverlust an.

Obwohl das letztere Verfahren das genauere ist, so habe ich doch das erstere seiner grossen Einfachheit wegen bei einer für meine Zwecke genügenden Genauigkeit vorgezogen.

*) So lange man das Schäumen des kochenden Blutes nicht zu verhindern weiss, ist die vollständige Beseitigung des Blutverlustes beim Auspumpen der Gase aus dieser Flüssigkeit unmöglich.

Es ist leicht einzusehen, dass die Grösse des Wasserverlustes sehr variabel ist, wenn man auch stets mit fast denselben Blutmengen und denselben Apparaten arbeitet, wo also die Verhältnisse zwischen dem Blutvolumen und dem Rauminhalte des Vacuums fast dieselben bleiben. In meinen Versuchen habe ich als Extreme die Grösse des Wasserverlustes $^1/_{25}$ und $^1/_{15}$ des angewandten Blutvolumens gefunden. Die Vernachlässigung solcher Wasserverluste führt nothwendig einen Fehler in die Zahlen für die absoluten Absorptionsgrössen ein. Wie gross übrigens diese Fehler sein können, mag folgender Absorptionsversuch mit Sauerstoff im Blute zeigen. Der Wasserverlust hat hier einen Maximalwerth.

	Vor d. Ausp.	Nach d. Ausp.	
Vol. d. Blut.	67,73	63,64	Wasserverl. = 4,09.

	Anf. Vol. d. Gas.	Temp.	Dr.	Red. Vol. d. Gas.	
Vor d. Absorpt.	153,00	16,1^{0}C.	0,4936	71,322	Vol.-Abnahme
Nach d. Absorpt.	140,42	16,2^{0}C.	0,4397	58,291	d. Gas. = 13,031

Die wegen der Absorption entstandene Volumenabnahme des Gases kann bezogen werden:

1. Auf das Volumen des Blutes nach dem Auspumpen, wie es L. Meyer macht;

2. auf das Volumen des Blutes vor dem Auspumpen ohne Berücksichtigung des Wasserverlustes und

3. mit Berücksichtigung desselben.

Im ersten Falle vernachlässigt man die aus dem Wasserverluste entstehende grössere Concentration des Blutes, wodurch die auf 100 Theile desselben berechneten Absorptionsgrössen höher als die wahren ausfallen. In unserem Beispiele ist die so berechnete Absorptionsgrösse für Sauerstoff = 20,476.

Im zweiten Falle würde sie = 19,241 sein. Es ist klar, dass die letzte kleiner als die wahre ist, nämlich um die Menge Sauerstoff, welche von dem verloren gegangenen Wasser bei 16,2^0 C. und 0,4397 Millim. Dr. absorbirt werden würde, dividirt durch das Verhältniss des angewandten Blutvolumens zu 100. Die Sauerstoffmenge, welche das verloren gegangene Wasser absorbirt hätte, ist leicht zu berechnen (Bunsen's Gasometr. Method. S. 137, Formel 2); sie ist in unserem Beispiele = 0,034. Dieses Gasvolumen gilt für 0^0 C. und 760 Millim. Dr. Auf 1 Met. Dr. berechnet (alle Gasvolumina sind in unserem Versuche darauf reducirt) ist es = 0,026.

Diese Grösse zu der beobachteten Volumenabnahme des Sauerstoffs hinzuaddirt, giebt die Zahl 13,057, woraus die Absorptionsgrösse auf 100 Theile Blut, berechnet = 19,278, hervorgeht.

Es ist kaum nöthig zu sagen, dass die letzte Zahl der wahren Absorptionsgrösse viel näher als die zwei ersten; sie unterscheidet sich davon nur um die Sauerstoffmenge, welche das verloren gegangene Blut absorbirt hätte, folglich müssen bei den Absorptionsversuchen die nach der Absorption beobachteten Volumenabnahmen der Gase immer auf das Volumen des Blutes vor dem Auspumpen und mit Berücksichtigung des Wasserverlustes bezogen werden. Die letzte Correction darf nur bei den zum Vergleichen anzustellenden Versuchen und wo zugleich das Gas einen sehr niedrigen Absorptions-Coëfficienten für Wasser besitzt (wie Stickstoff z. B.), vernachlässigt werden. Dagegen ist das directe Beziehen der nach der Absorption beobachteten Volumenabnahme des Gases auf das nach dem Auspumpen zurückbleibende Volumen des Blutes in jedem Falle zu verwerfen.

Mit Beziehung auf die Methode erlaube ich mir schliesslich noch Folgendes. In allen angeführten, so wie in den gleich zu besprechenden Absorptions-Versuchen wurde die Klemme, welche das Blutgefäss von dem Manometer trennt, gleich nach dem Einführen des Gases in den Apparat geöffnet, darauf das Volumen des Gases abgelesen. Folglich sind alle meine Versuche frei von dem Fehler, welchen L. Meyer in seiner „Dissert. de sanguine oxyd. carb. inf., Vratisl. MDCCCLIII., p. 4“ angegeben hat.

Die Ablesung des Quecksilberstandes in dem Absorptiometer, so wie in den Absorptionsröhren, geschah unter Wasser von constanter Temperatur und zwar in dem Behälter, dessen Beschreibung man in W. Müller's Beitr. zur Respiration findet. Berichte d. Wiener Akad. d. Wissensch. XXXIII. Bd., Jahrg. 1858.

Jetzt führe ich meine Absorptionsversuche mit Stickstoff im Blute an. Das Gas wurde aus der von Kohlensäure und Ammoniak befreiten atmosphärischen Luft durch Leitung derselben über glühende Kupferspäne dargestellt. Bei Prüfung des Gases auf seine Reinheit diente mir als Reagens für Sauerstoff pyrogallussaures Kali, dessen unmittelbare Bestandtheile getrennt von einander in das Absorptionsrohr eingeführt worden waren. Dabei trat weder eine Contraction des Gasvolumens noch eine Veränderung in der Farbe der ein-

geführten Lösung ein. Auch das Blut blieb nach dem Schütteln mit dem gewonnenen Gase vollständig schwarz.

1. Versuch.

	Vol. d. Blut.	Beob. V. d. Gas.	Temp.	Dr.	Red. V. d. Gas.	
Vor d. Absorption	77,069	147,45	16,6° C.	0,4449	61,844	100 Th. Blut haben
Nach d. „	77,069	146,36	16,8° C.	0,433	59,703	abs. 2,778 Th. N.

2. Versuch.

Vor d. Absorption	65,748	161,46	18,4° C.	0,5353	80,975	100 Th. Blut haben 4,71 Th. N. bei schwächerem und 5,145 bei stärkerem Druck absorbirt.
Nach d. „	65,748	159,914	18,5° C.	0,52	77,878	
Druck verstärkt	65,748	136,157	18,5° C.	0,6085	77,592	

Die Schwierigkeiten, mit denen man bei diesen Versuchen zu kämpfen hat, sind gross genug, um die angeführte geringe Zahl derselben zu rechtfertigen. Auch stecken hinter diesen wenigen viele andere, die misslungen sind. Die gelungenen glaubte ich aber schon desshalb anführen zu müssen, weil bis jetzt so gut wie gar keine Absorptionsversuche mit Stickstoff im Blute existiren. Uebrigens erlaube ich mir aus diesen zwei Versuchen nur einen einzigen Schluss, dass nämlich die Absorptionsgrössen des Stickstoffes für das Blut beträchtlicher als für das Wasser sind. Dieses würde ich schon aus der Arbeit von Magnus abgeleitet haben, der im arteriellen Blute von Pferden 2—3 Vol. % N fand, wenn ich nicht die entsprechenden Grössen im arteriellen Blute von Hunden viel geringer (1,2—1,3 Vol. %, siehe später) gefunden hätte. Aber auch meine Zahlen aus frischem Hundeblut widersprechen dem Gesagten nicht, wenn man berücksichtigt, dass dieselben für eine Flüssigkeit von 35°—40° C. gelten, und dass diese Flüssigkeit in der Lunge mit einem Gasgemenge, wo die partiäre Pressung des Stickstoffs gewiss nicht $^3/_4$ des mittleren Barometerstandes übertrifft, in Berührung war. Der gemachte Schluss nun, im Verein mit der von Fernet gefundenen Thatsache, dass das Serum in Bezug auf die Stickstoffabsorption sich wie das Wasser verhält, macht es höchst wahrscheinlich, dass bei diesem Processe im Blute sich auch die Blutzellen an demselben betheiligen.

2.

Dem Wunsche des Herrn Prof. Ludwig folgend, unternahm ich die Bestimmung der Gase im Blute des erstickten Thieres. Die erste Aufgabe dabei war die Vervollkommnung

des Verfahrens, die Gase aus dem Blute zu gewinnen. Von den dafür existirenden Methoden ist die durch L. Meyer ein wenig modificirte Baumert'sche unstreitig die beste, weil sie das Erwärmen des im Vacuum kochenden Blutes zulässt, und somit beide zum Austreiben der Gase aus dem Blute nöthigen Bedingungen erfüllt. Dieses Verfahren, so schön und so einfach für das Sammeln der im Wasser aufgelösten Gase, ist indessen in seiner Uebertragung auf das Blut mangelhaft.

1. Wer die Gase aus dem Blute auszupumpen Gelegenheit hatte, weiss aus Erfahrung, dass, wenn das Blutvolumen und der Rauminhalt des Vacuums beinahe gleich sind, das letzte vielleicht 20 Mal erneuert werden muss, um gasfreies Blut zu bekommen, vorausgesetzt, dass die Flüssigkeit bei einer Temperatur von 35^0—45^0 C. gehalten wird. Beim Gewinnen der im Wasser aufgelösten Gase durch Kochen braucht bekanntlich der Rauminhalt des Vacuums nicht einmal so gross wie das Volumen der Flüssigkeit zu sein.

Der Grund, warum das beim Wasser anwendbare Verfahren hier im Stich lässt, kann gesucht werden in verschiedenen Umständen. Zuerst kann man das Wasser auf 100 Grad erhitzen, das Blut aber kann unter keinen Umständen über 60 Grad erwärmt werden; ist doch schon dieser Wärmegrad bedenklich genug. Ferner gerathen wahrscheinlich bei jener Temperatur und bei einem nicht sehr niedrigen Gasdruck die in den Blutkörperchen enthaltenen Flüssigkeiten nicht in's Kochen. Endlich, und das scheint namentlich auf die Ausscheidung der CO_2 zu wirken, zieht das alkalisch reagirende Blut aus einer Atmosphäre von sehr niedrigem Druck noch CO_2 an. Der Einfluss der alkalischen Reaction ist vorzugsweise daraus zu erkennen, dass nach Neutralisation des Blutes durch Weinsäure die CO_2 auch im beschränkten Raume ausgekocht werden kann. Da nun in dem Apparat von Lothar Meyer der Rauminhalt des Vacuums kleiner als das Volumen der Flüssigkeit war, so konnte dieser Umstand nicht ohne Einfluss auf die Resultate der Versuche bleiben. Die Beseitigung dieses Mangels mit Beibehaltung des Flüssigkeitsvolumens würde dem Apparate so riesige Dimensionen geben, dass er schwer zu handhaben wäre. Das Nichtverdünnen des Blutes mit Wasser (also die Verminderung des Flüssigkeitsvolumens) mit Beibehaltung aller übrigen Dimensionen des Apparates würde einen anderen Uebelstand, nämlich das Eindringen des Blutes in Form von Schaum in den Gasrecipienten, zur Folge haben.

2. In einem stark mit Wasser verdünnten Blute hat man gar kein Kriterium zur Beurtheilung, ob es gasfrei geworden ist, somit ist die Zeit der Unterbrechung des Auskochens mehr oder weniger der Willkühr überlassen.

Diese Hauptübelstände bestimmten mich nach einigen mit dieser Methode angestellten Versuchen, dieselbe zu verlassen. Ich schlug Herrn Professor Ludwig das Toricell'sche Vacuum als Princip des Apparates vor, da dieses sehr leicht zum Verschwinden gebracht und erneuert werden kann. Der folgende nach diesem Principe construirte Apparat ist in allen seinen Details nach der Angabe von Professor Ludwig verfertigt.

Es ist Fig. 1 ein U-förmiges Rohr, $A\ A_1\ E\ B\ B_1\ B_2$ dessen Krümmung EE aus Gusseisen, dessen verticale Schenkel aus einzelnen mit Kautschuk unter einander verbundenen Glasröhren bestehen. Die unteren Glasstücke der beiden Schenkel sind in die eisernen Fassungen M und M_1 luftdicht eingekittet; diese sind vermittelst der in ihnen befindlichen Mutterschrauben an das krumme Rohr EE angeschraubt. Der Schenkel AA_1 besteht aus zwei Glasstücken, das freie Ende A des oberen ist mit einem Kautschukrohr versehen, welches mit einer Meyer'schen Klemme*) geschlossen werden kann. Dieser Schenkel dient theilweise zum Füllen des Apparates mit Quecksilber, hauptsächlich aber zum Comprimiren der aus dem Blute gewonnenen Gase vor ihrer Einführung in den Gasrecipienten. Der letzte ist durch das Glasrohr B_2 repräsentirt; es ist nichts weiter als ein in Millimeter getheiltes und kalibrirtes Absorptionsrohr, wie es bei der Gasanalyse gebraucht wird. Das mittlere (B_1) und untere (B) Glasstück des Schenkels BB_2 umgrenzen das Vacuum des Apparates; beide sind mit offenen Querröhren C und D versehen. D ist beinahe in der Mitte der Längsdimension des Rohres B_1 angebracht, trägt an seinem freien Ende ein Kautschukrohr, welches durch die Klemme e geschlossen werden kann, und dient unter gewissen Umständen zum Füllen des Apparates mit Quecksilber. Der Querfortsatz C nimmt das Kautschukrohr auf, welches den Blutrecipienten F mit dem Apparate in Verbindung bringt. — Das krumme eiserne Rohr EE hat in der Mitte des Bogens ein Abzugsrohr G aus demselben Metall; seine unmittelbare Fortsetzung (Fig. 2) stellt das Glasrohr K dar. Das letzte hat an seinem unteren Rande

*) Alle Klemmen, von denen bei der Beschreibung dieses Apparates die Rede sein wird, sind ohne Ausnahme die Meyer'schen.

ein Kautschukrohr mit der Klemme *c*. Die Länge des Abzugsrohres ist so gross genommen, dass ihre verticale Projection ungefähr der Höhe des mittleren Barometerstandes gleich ist.

Wenn man sich nun die beiden Oeffnungen des Schenkels $B\ B_2$, so wie die Klemmen *b* und *c* geschlossen und den Apparat von der Klemme *b* bis zum Gipfel des Gasrecipienten, so wie das ganze Abzugsrohr mit Quecksilber gefüllt denkt, so bildet das Röhrensystem von B_2 bis *c* eine ununterbrochene Quecksilbersäule, deren Höhe die dem mittleren Barometerstand entsprechende weit übertrifft. Man braucht also nur das untere Ende des Abzugsrohres *K* in Quecksilber einzutauchen und die Klemme *c* zu öffnen, so entsteht sogleich in dem Schenkel $B\ B_2$ ein Vacuum, dessen untere Grenze bis unterhalb des Querrohres *C* gelegt werden kann.

Die bis dahin geschilderten Röhren werden von einem starken Gestell aus Eisen getragen; dieses letztere ruht in einem eisernen Lager, das mit einem starken Tisch unverrücklich verschraubt ist. Das Gestell mit den Röhren kann in dem Lager um mehr als 250 Grad gedreht und in jeder beliebigen Stellung, gehörige Unterstützung vorausgesetzt, niedergelegt werden. In der senkrechten Lage kann es durch eine eigene Vorrichtung festgehalten werden. Die einzelnen Stücke dieser letzteren sind im Folgenden beschrieben.

Das Gestell besteht aus einer viereckigen Platte *P* von starkem Eisen; sie ist zwei Mal durchbohrt, für die Enden des gebogenen Eisenstückes *EE* der U-förmigen Röhre. Sind die Muttern MM_1, die am Ende der senkrechten Schenkel der letzten Röhre angebracht sind, fest angezogen gegen die Schraubenspindeln an den Enden des gebogenen Rohres *EE*, so ist der eiserne Theil des U-förmigen Rohres in der Platte festgestellt. Von den vier Ecken der oberen Plattenfläche gehen vier starke Stangen von Schmiedeeisen aus, je zwei je einem senkrechten Schenkel des U-förmigen Rohres gegenüber. Die zwei derselben, welche an der Seite des Blutgefässes aufsteigen, sind bei *SS* ausgebogen, entsprechend der Länge des Querrohres *C*; ohne dies würde das Rohrstück *B* nicht angeschraubt werden können, weil das Querrohr *C* an die Eisenstangen anstiesse. Eine der eisernen Stangen, auf derselben Seite, ist länger als die übrigen, entsprechend dem Maassrohr B_2. Die Stangen sind da, wo die drei kürzeren enden, mit einem langen und zwei kurzen Querstäben versehen, um die Beweglichkeit zu mindern. An passenden Orten sind acht, auf und ab verschiebbare Halter angebracht; die beiden Backen ihrer Griffe sind mit Leder und Kork gefüttert; die

Halter sichern die Lage der Glasröhren in jeder, vorzüglich aber in der horizontalen Stellung des Apparates; ihr Bau u. s. w. ist selbstverständlich.

Das Lager, in welchem sich das Gestell dreht, besteht aus zwei gegossenen eisernen Ständern QQ, Fig. 2. Jeder derselben ist durch zwei den Tisch durchbohrende eiserne Schraubenspindeln, die durch die Tischplatte und in Muttern laufen, angeschraubt. Am freien Ende trägt jeder Ständer einen breiten Ring; in diesen Ring passen genau zwei starke cylindrische Zapfen ZZ, die aus der Eisenplatte P des Gestelles hervorgehen. Vor der Befestigung der Ständer an den Tisch müssen die Zapfen erst in ihre Lager gebracht werden. Ist dieses geschehen und sind dann die Ständer angeschraubt, so bewegt sich das Gestell mit vollkommener Sicherheit.

Um das Gestell in der aufrechten Lage zu erhalten, dient das in den Tisch geschraubte rechtwinkelige Eisenstück R (Fig. 2). Der horizontale Arm des rechtwinkeligen Stückes kann mit der Schraube T an den Tisch befestigt und nach Loslassung derselben um T bewegt werden. Der aufsteigende Schenkel von R trägt einen Schlitz, in diesen passt der geköpfte Zapfen V, welcher aus dem herabhängenden Backen der Verdickung des Rohres E hervorgeht. Auch dieser Zapfen kann in den Backen mehr oder weniger tief eingeschraubt werden. Die aufrechte Stellung ist also gesichert, wenn der Zapfen V in den Schlitz R_1 passt und wenn die Schrauben an V und T scharf angezogen sind. — Fig. 1 giebt den Apparat in stehender, Fig. 2 in liegender Stellung. Es drehen sich, wie man sieht, das Gestell und die zugehörigen Röhren so in dem Lager, dass die Querröhren C und D senkrecht gegen die Drehungsaxe gerichtet sind; hierdurch wird es möglich, sie zu den am tiefsten und am höchsten stehenden Stücken des Apparates zu machen.

Der Blutrecipient F, Fig. 1, hat dieselbe Form wie das Blutgefäss von L. Meyer in seinen Absorptionsversuchen, nur ist hier der Hals rechtwinkelig gebogen. Der Hals ist in Millimeter getheilt und der Rauminhalt des Gefässes bis zu jedem Theilstriche bekannt.

Die absoluten und relativen Dimensionen des Apparates sind durch folgende Momente bestimmt. Der Rauminhalt des Blutrecipienten ist etwas über 100 K. Centim. genommen, der Rauminhalt der Röhren B und B_1 ist 4—5 Mal so gross. Der Gasrecipient, ohne die für die Absorptionsröhre gewöhnliche Weite zu überschreiten, umfasst circa 55 K. Centim. Das Rohrstück A_1 ist kürzer als B, sein ausgezogener Theil

liegt um ein paar Centimeter höher als der Querfortsatz C über der Platte P; der Grund hiervon wird später klar. Die Länge des Rohres A ist durch die Bedingung gegeben, dass die Höhe des Schenkels $A\,A_1$ wenigstens der gesammten Höhe der Röhren $B\,B_1$ gleich sein soll, denn nur unter dieser Bedingung können die aus dem Blute gewonnenen Gase vor ihrer Einführung in den Gasrecipienten bis zu der dem vorhandenen Barometerstande gleichen Spannung zusammengepresst werden. Was nun die Weite der Glasröhren betrifft, so ist es vortheilhaft, dieselbe für die Stücke B und B_1 möglichst gross zu nehmen, damit die Quecksilbersäule $B_2\,C$ nicht allzu hoch wird. Die Röhren $A\,A_1$ sollen eben so weit oder nur wenig enger als die Stücke $B\,B_1$ sein, um die Compression des Gases möglichst schnell zu bewerkstelligen. Die ausgezogenen Enden der Glasstücke, worauf die verbindenden Kautschukröhren angebunden werden, sind 4 – 5 Centim. lang. Alle Glasröhren haben eine Wandstärke von mindestens 2 Millimeter und die weiteren Kautschukröhren von mindestens 5 Millimeter. Die letzteren müssen wenigstens sieben Stunden in geschmolzenem Talge bei der Temperatur von 100 Grad C. gehalten werden. Dadurch verlieren sie etwas an Elasticität, schliessen aber dafür vollkommen luftdicht. Zur Erreichung desselben Zweckes in dem zusammengestellten Apparate müssen die todten Schraubengänge der Fassungen $M\,M_1$ von aussen zugekittet werden. Ich habe dazu eine geschmolzene Mischung aus gleichen Gewichtstheilen von Wachs und Kolophonium gebraucht; die Masse eignet sich für solche Zwecke sehr gut. Alle Kautschukröhren müssen vor dem Gebrauch des Apparates durch eine vielfach umgeschlungene und gebundene Schnur auf das Glas befestigt werden.

Jetzt will ich den ganzen Gang eines Versuches mit dem Blute des erstickten Thieres darstellen. Diese Beschreibung wird für alle übrigen und auch für die Versuche mit dem normalen Blute gelten, wenn man diejenigen Operationen weglässt, welche die Erstickung des Thieres bezwecken.

Nach Blosslegung der Art. carotis und Einführung der Canüle zwischen die doppelte Unterbindung wird dem Hunde die Tracheotomie gemacht und in die Wunde eine Glascanüle eingebunden, welche an ihrem freien Ende ein Kautschukrohr mit einer Klemme trägt. Das Zuschliessen der letzten bewirkt die Erstickung. Das Blut (in allen Versuchen aus der Art. carotis) wird über Hg aufgefangen, wozu der mit dieser Flüssigkeit gefüllte und mit dem verbindenden Kautschukrohr versehene Blutrecipient F in eine Quecksilberwanne umgestürzt

wird. Die zur Leitung des Blutes aus der Art. carotis nach dem Blutrecipienten dienende Canüle besteht aus zwei Stücken, welche mit einander durch ein Kautschukröhrchen verbunden sind. Das Zusammenpressen mit den Fingern und das Nachlassen dieses Kautschuks regulirt alle Momente des Blutsammelns. Die letzte Operation beginnt immer in dem Augenblicke, wo die Cornea des erstickten Thieres unempfindlich geworden ist und wird unterbrochen, wenn das Blut den getheilten Hals des Recipienten erreicht hat. Man schliesst dann das Gefäss dicht oberhalb seines Halses durch die Klemme *d* zu und liest den Stand des Blutes ab. Da es bei noch so vorsichtigem Auffangen über *Hg* rasch gerinnt, so defibrinirt man dasselbe durch Schütteln des Blutrecipienten. Das in dem letzteren zurückbleibende Quecksilber verhält sich auf die bekannte Weise.

Nach Abscheidung des Faserstoffes verbindet man den Blutrecipienten mit dem Querrohre *C*. Hiebei steht das Gestell vertical, und alle Kautschukgelenke, mit Ausnahme des durch die Klemme *c* verschliessbaren, sind offen. Man giesst in den Apparat durch den Schenkel AA_1 so viel Quecksilber ein, bis dieses im Rohre B_1 erscheint. Dann sucht man die Luftblasen aus dem Abzugsrohre *K* durch Schütteln desselben zu entfernen, schliesst die Klemmen *a b g* zu und legt den Apparat auf den Tisch um. Auf diese Weise kann keine Luft mehr in den unteren Theil des Apparates *a c g* eindringen, auch kein Quecksilber aus dem Rohre *A* herausfliessen. Durch den offenen Querfortsatz *D* wird der übrige Theil des Schenkels BB_2 mit Quecksilber gefüllt, darauf die Klemme *e* zugemacht und der Apparat wieder vertical gestellt. Jetzt beginnt die Prüfung auf das luftdichte Schliessen jedes einzelnen Kautschukgelenkes des Schenkels BB_2. Zu diesem Zwecke öffnet man die Klemme *c* unter dem Quecksilber und schliesst sie wieder, wenn das Niveau der herabsteigenden Flüssigkeit die Höhe des zu prüfenden Gelenkes erreicht hat. Man beobachtet jedesmal einige Minuten, ob keine Luftblasen in dem Quecksilber aus der Umgegend des Gelenkes hinaufsteigen. Wenn auf diese Weise das Quecksilberniveau bis unterhalb des Querfortsatzes *C* herabgestiegen ist, so hat sich zugleich das Vacuum in dem Rohre gebildet. Hier hat man folglich ausser den aufsteigenden Blasen noch in dem Verhalten der Quecksilberniveaux ein Merkmal für das Schliessen oder Nichtschliessen des Apparates. Das ist der Grund, warum das Rohr *A* länger als der Abstand des Querfortsatzes *C* von der Platte *P* sein soll. Wenn der

Apparat die Probe überstanden hat, wird er wieder mit Quecksilber gefüllt, was durch das geöffnete obere Ende des Schenkels $A\,A_1$ geschieht. Zugleich mit dem Eingiessen der Flüssigkeit in das Rohr A wird die Klemme b nur so weit geöffnet, dass das Quecksilber in Form eines dünnen Strahles in A_1 einfliesst. Die Klemme b regulirt die Stärke dieses Strahles und somit das Aufsteigen des Quecksilbers in dem Schenkel $B\,B_2$ auf das Vollständigste. Hat dieses Aufsteigen aufgehört, so wird der Apparat mit der früher erwähnten Vorsicht umgelegt, um die Luftblasen aus dem Gasrecipienten durch den Querfortsatz D zu entfernen. Darauf schliesst man die Klemme f und e zu, öffnet dagegen g, bringt den Apparat in die verticale Lage, bildet das Vacuum bis unterhalb des Querfortsatzes C, erwärmt nach Angabe von Fig. 1 den Blutrecipienten und macht die Klemme d auf; das Blut fängt gewaltig an zu kochen — der Schaum füllt anfangs den ganzen Raum des Vacuums. Bei so einem starken Kochen tritt natürlich der grösste Theil des Blutes aus seinem Recipienten in das Rohr B über, ausserdem wird durch die sich entwickelnden Gase das Quecksilberniveau in diesem Rohre niedergedrückt, so dass das Blut in dem unteren Glasstücke des Schenkels $B\,B_2$ bleibt und nicht mehr erwärmt werden kann. Hier leistet die Klemme b sehr wesentliche Dienste, insofern man durch Oeffnen und Schliessen derselben das Aufsteigen des Quecksilbers im Rohre B vollkommen in seiner Gewalt hat. Man braucht blos das Niveau der Flüssigkeit bis zum unteren Rande des Querrohres C aufsteigen zu lassen und den Blutrecipienten aus dem warmen Wasser herauszunehmen, so kehrt das Blut in sein Gefäss zurück. Man lernt bald diese Manipulationen so zu machen, dass der mittlere Theil der Quecksilberkuppe im Rohre B immer frei vom Blute dasteht. Diese Operation muss nothwendig jedes Mal vor dem Sammeln der gewonnenen Gase vorgenommen werden, damit kein Blut in den Gasrecipienten mit eindringt. Diesem ersten Acte des Sammelns folgt das Zuschliessen des Blutrecipienten, darauf das Comprimiren der gewonnenen Gase. Das letzte geschieht ganz ebenso wie das Füllen des Apparates mit Quecksilber, nachdem er die Probe auf das luftdichte Schliessen überstanden hat, mit dem einzigen Unterschiede, dass hier der Apparat so lange mit Quecksilber gefüllt wird, bis die Spiegel dieser Flüssigkeit in beiden Schenkeln (bei offener Klemme b) fast auf derselben Höhe stehen. Dann löst man die Klemme f auf und führt vorsichtig den grössten Theil der Gase in die

Messröhre über. Die Klemme f wird nun wieder zugemacht, man bildet wieder das Vacuum und lässt das Blut wieder kochen. Die aufgezählten Operationen wiederholen sich in derselben Reihenfolge so lange, bis man keine Gase mehr aus dem Blute bekommt. Dieser Zustand charakterisirt sich im Blute dadurch, dass es eine vollkommen schwarze Farbe annimmt*). Hierin sehe ich den besten Beweis für das in dieser Beziehung bei der Besprechung der Absorptionsmethode Gesagte. Im Falle, dass beim letzten Sammeln der Gase nicht die ganze Masse derselben in den Gasrecipienten überführt worden ist, verrathen sich die in dem Rohre B_1 zurückgebliebenen Luftbläschen dadurch, dass sie in dem umgelegten Apparate aus dem oberen Ende des Rohres zum Querfortsatze D hinaufsteigen. Man fängt sie dann in ein Glasrohr, welches mit einem seiner Enden in das Kautschukrohr des Querfortsatzes D eingebunden wird, an dem anderen aber selbst ein Kautschukrohr mit einer Klemme darauf besitzt. Man füllt dieses Röhrchen ohne Luftblasen mit Quecksilber an, macht seine Klemme zu, dagegen die Klemme e auf.

Wir gehen jetzt zu dem Auskochen der chemisch gebundenen Kohlensäure über. Zu diesem Zwecke muss ein neuer Gasrecipient und ein neues Rohr B_1 genommen werden, weil nach Abnahme des Gasrecipienten in das mittlere mit dünner Blutschicht benetzte Glasstück nothwendig Luft eindringt, was in die Resultate des Auskochens einen Fehler einbringen würde. Ich bin deswegen folgendermaassen verfahren: sind die letzten Spuren von im Blute aufgelöstem Gase gesammelt, so wird der Apparat in die verticale Lage gebracht und ein Vacuum bis zum oberen Theil des Rohres B gebildet. Man wartet, bis das Blut aus dem mittleren Glasstück in das untere herabfliesst. Wenn nun in dem ersteren die Flüssigkeit nur in Form einer feinen, grün durchscheinenden Schicht an den Wänden bleibt, schliesst man die Klemme g zu, macht dagegen die Klemme b auf, um das Vacuum im Rohre B mit Quecksilber zu füllen. Hiernach wird der Apparat mit oft erwähnter Vorsicht umgelegt und der Gasrecipient sammt dem Rohre B_1 abgenommen. Im Falle wo die rückständigen Gase durch den Querfortsatz D gefangen worden waren, überführt man jetzt dieselben in den Gas-

*) Hier kann sogleich bemerkt werden, dass zum Auskochen des normalen arteriellen Blutes das Vacuum 5—6 Mal erneuert werden musste; dagegen bei den Erstickungsversuchen, wo das Blut nur Spuren von O enthält, brauchte diese Operation nur 3—4 Mal wiederholt zu werden.

recipienten, in welchem auch die Gasanalyse geschieht. In den Apparat werden nun ein neuer Gasrecipient und ein neues Rohr B_1 oder auch das alte, nachdem es gewaschen und ausgetrocknet ist, eingebunden. Darauf werden beide mit Quecksilber gefüllt, das Rohr B_1 jedoch nicht ganz voll, um einen Raum für die wässerige Weinsäurelösung zu lassen. Diese durch Kochen von der Luft befreite Flüssigkeit giesst man noch heiss in das Rohr hinein, schliesst darauf die Klemme *e* zu, stellt den Apparat vertical, bildet das Vacuum und lässt das Blut kochen.

Es ist leicht einzusehen, dass das Verfahren für die Gewinnung der chemisch gebundenen Kohlensäure nicht tadelfrei ist: 1. Ein Theil des Blutes geht verloren*); 2. es ist absolut unmöglich, ohne Hülfe des luftleeren Raumes aus dem Rohre B_1 die letzten Spuren von Luft durch Quecksilber auszutreiben: bei Bildung des luftleeren Raumes stiegen immer einige Luftbläschen aus dem Kautschukgelenke *g* empor. Der letzte Umstand war gewiss Schuld daran, dass ich in keinem einzigen Versuche vollkommen reine Kohlensäure bekommen habe.

Es lässt sich aber ein Verfahren für das Gewinnen der chemisch gebundenen CO_2 angeben, welches viel einfacher und frei von den Mängeln des beschriebenen ist. Leider kam die Idee dazu zu spät, nämlich im Verlaufe meines letzten Versuches. Man braucht blos den Gasrecipienten aus zwei über einander liegenden mittelst Kautschuk verbundenen Glasröhren zu machen. Das obere, getheilte und kalibrirte Stück dient zum Auffangen der aufgelösten Gase, die chemisch gebundene CO_2 wird in dem unteren gesammelt. Der nach dem letzten Sammeln im Rohre B_1 zurückgebliebene Theil der gelösten Gase wird wie früher durch den Querfortsatz *D* aufgefangen, von hier aber in ein zweigliederiges, in der Mitte durch ein Stück Kautschuk zusammenhängendes Rohr geführt. Nachdem das Gas in das obere Glied (der Apparat in horizontaler Lage gedacht) eingedrungen ist, schliesst man dasselbe von dem unteren ab; dann wird die Klemme *e* zugemacht und das zweigliederige Rohr entfernt. In das auf diese Weise wieder frei gewordene Ende des Kautschuks auf dem Querfortsatze *D* bindet man ein an seinem freien Ende

*) Wie klein übrigens der aus diesem Verluste entstehende Fehler ist, zeigt folgende Berechnung. Wir werden unten sehen, dass das arterielle Blut nicht über 3 Vol. % chemisch gebundener Kohlensäure enthält. Gesetzt, der Blutverlust sei = 0,5 CC., was gewiss zu hoch genommen ist, so beträgt der Gasverlust nicht einmal 0,02 CC., was die Grenzen der Beobachtungsfehler kaum überschreitet.

mit Kautschuk und Klemme versehenes Kugelrohr ein, füllt dasselbe mit kochender Weinsäurelösung, schliesst es von der Luft ab, lässt erkalten und führt hernach die Flüssigkeit durch Oeffnen der Klemme *e* in das Rohr B_1 hinein.

Auf diese Weise wird die durch den Apparat gegebene Methode des Gewinnens der Gase aus dem Blute zu einer fast fehlerfreien. Sie schliesst einen einzigen und zwar sehr unbedeutenden Fehler ein. Es ist nämlich unmöglich, das Blut, welches während seines Kochens aus dem Recipienten in das Rohr B übergeht, vollständig in denselben wieder zurückzuführen; folglich wird beim Comprimiren der letzten Portion der Gase immer ein Theil derselben durch dieses in den Röhren BB_1 zurückgebliebene Blut wieder resorbirt. Ein Theil des Gases geht also verloren und auch die quantitative Zusammensetzung des Gasgemenges wird etwas verändert. Ich werde versuchen, die Grösse des Gasverlustes durch ein Beispiel, wo alle Bedingungen am ungünstigsten genommen sind, annähernd zu bestimmen. Gesetzt die Menge des in den Röhren BB_1 zurückgebliebenen Blutes sei = 1 K. C. M., die letzte Portion der Gase bestehe aus reiner CO_2, die absolute Absorptionsgrösse dieses Gases im Blute bei 20 Grad C. sei = 1,5, man setze voraus, dass das Blut Zeit genug hatte (das Comprimiren der Gase erfolgt ohne Erschütterung der Flüssigkeit und dauert 2—3 Min.), die dem Absorptionsvermögen entsprechende Gasmenge zu absorbiren; — so ist die absorbirte Gasmenge = 1,5 K. C. M. Wenn man aber bedenkt, dass in diesem Beispiele alle Grössen absichtlich hoch genommen sind, einige Bedingungen nicht immer existiren oder absolut unmöglich sind, wie es mit der Absorption der CO_2 bis zur Sättigung unter gegebenen Verhältnissen der Fall ist, so reducirt sich der Gasverlust im schlimmsten Falle gewiss auf die Hälfte des angegebenen. Solch ein Fehler hat einen unbedeutenden Einfluss auf die Zahlen für die im Blute aufgelösten Gase (auf 100 Th. Blut geht höchstens ein Vol. Procent Gas verloren), weil deren relative Menge sehr hoch ist. Dagegen ist dieser Gasverlust viel bedeutender für die Grössen der chemisch gebundenen CO_2, weil sie im Blute sehr gering zu sein pflegen.

Jetzt führe ich meine Versuche mit dem Blute des erstickten Thieres an. In allen ist die Gasanalyse nach der Bunsen'schen Methode geschehen.

1. Versuch.

Angewandte Blutmenge = 101,40.

Die Gesammtm. d. im Blute aufgel. Gase	Beob. Vol. d. Gas.	Temp.	Dr.	Vol. bei 0° u. 1 M. Dr.
Im Gas rec. Q. Nach dem Trockn. mit CaCl	53,552	15,2° C.	0,78073	39,606
Nach Abs. d. CO_2	9,519	15,6° C.	0,66339	5,973
Zu Ende II. Nass	8,460	15,7° C.	0,57874	4,630
Nach Zusatz v. H.	26,512	16,1° C.	0,61032	15,280
Nach Explosion	21,322	16,1° C.	0,582	11,746
Chem. geb. CO_2 im Recip. P				
Nach dem Trockn. m. CaCl .	6,575	15,2° C.	1,711	*) 4,428

Folglich enthalten	O	N	Frei aufgel. CO_2	Chem. geb. CO_2
101,4 Th. Blut	1,178	4,795	33,633	4,428

2. Versuch.

Angewandte Blutmenge = 99,991.

Die Gesammtm. d. im Bl. aufgel. Gas.	B.V. d. G.	Temp.	Dr.	Vol. bei 0° u. 1 M. Dr.
Recip. Q. Nach d. Trockn. m. CaCl	41,573	16,2°	0,74939	29,411
Nach Abs. d. CO_2	3,908	18°	0,3817	1,399

Die in das Eudiometer überführbare Gasmenge war so klein, dass sie nicht mehr gemessen werden konnte. Einige Wasserstoffbläschen waren hinzugesetzt, um zu sehen, ob das Gemenge explodiren wird. Es trat eine kaum wahrnehmbare Erschütterung der Quecksilberoberfläche in dem Eudiometer ein.

Chem. geb. Gase.	B.V. d. G.	Temp.	Dr.	Vol. bei 0° u. 1 M. Dr.
Recip. P. Nass gemessen . .	5,285	16,2°	0,65881	3,286

Folglich enthalten	O	N	Freie CO_2	Chem. geb. CO_2
99,991 Th. Blut	Spuren	1,399	28,012	3,286

*) Die Spuren von Luftverunreinigungen waren in jedem Versuche durch das Einführen der Kalikugel qualitativ nachgewiesen, ihre quantitative Bestimmung blieb jedoch aus dem Grunde aus, weil alle meine Zahlen für chemisch gebundene CO_2 in Folge des erwähnten Fehlers der Methode ohnedies um ein Geringes zu klein sind. Man betrachtete die geringe Verunreinigung als Compensation für den Verlust an CO_2.

3. Versuch.

Angewandte Blutmenge = 102,70.

Gesammtm. d. im Bl. aufgel. Gase	Beob. V. d. Gas.	Temp.	Dr.	Vol. bei 0° u. 1 M. Dr.
Recip. Q. Nass	56,646	16,8 °	0,76597	40,395
Nach Abs. d. CO_2	3,514	19,1 °	9,3696	1,213
Chem. geb. CO_2				
Recip. P. Nass gemessen . .	7,390	16,8 °	0,5919	4,120

Zur qualitativen Prüfung auf O wurden in das Absorptionsrohr Lösungen von Kali und Pyrogallussäure eingebracht. Die Flüssigkeit nahm eine leicht braune Farbe an. Somit enthalten

	O	N	Freie CO_2	Chem. geb. CO_2
102,70 Th. Blut	Spuren	1,213	39,182	4,120

In diesem, so wie im nächst folgenden Versuche wurde die Lungenluft des Thieres nach seiner Erstickung analysirt*). Beim Sammeln derselben, welches gleich nach dem Auffangen des Blutes geschah, bemühte man sich, die ganze Gasmenge aus der Lunge zu bekommen, indem ausser Compression der Thoraxwand die Eröffnung des Pleurasackes und das Eingiessen von Quecksilber in denselben angewandt wurde. Eine Probe aus der gesammten über *Hg* aufgefangenen und wohl umgeschüttelten Luft diente zur Analyse.

Lungenluft	Beob. V. d. Gas.	Temp.	Dr.	Vol. bei 0° u. 1 M. Dr.
Nass	28,135	16,8 °	0,76522	20,282
Nach Abs. d. CO_2	23,357	17,1 °	0,77859	17,114
In End. II. Nass	19,322	17,2 °	0,7631	13,871
Mit Wasserstoff	21,483	17,2 °	0,7857	15,879
Nach Explos. m. Knallgas . .	22,134	17,3 °	0,7604	15,828

Folglich enthalten 100 Th. Lungenluft . . $\begin{cases} CO_2 & 15,62 \\ N & 84,38 \\ O & \text{Spuren} \end{cases}$

4. Versuch.

Blutmenge = 99,626.

Chem. geb. CO_2	Beob. V. d. Gas.	Temp.	Dr.	Vol. bei 0° u. 1 M. Dr.
Recip. P. Nass	3,209	17,6 °	0,559	1,685

*) W. Müller (Beitr. z. Resp. Berichte d. Wien. Akad. Bd. XXXII, 1858) hat bekanntlich blos Spuren von O in der Lungenluft der erstickten Thiere gefunden; darum war ich berechtigt, so eine kleine Menge Wasserstoff einzuführen.

Gesammtm. d. aufgel. Gase	Beob. V. d. Gas.	Temp.	Dr.	Vol. bei 0° u. 1 M. Dr.
Recip. Q. Nass	69,110	17,6°	0,62624	40,66
Nach Abs. d. CO_2	4,147	17,4°	0,49965	1,948

Spuren von Sauerstoff wie im vorigen Versuche nachgewiesen.

	O	N	Freie CO_2	Chem. geb. CO_2
99,626 Th. Blut enthalten . .	Spuren	1,948	38,712	1,685

Lungenluft	Anf. Vol. d. Gas.	Temp.	Dr.	Vol. bei 0° u. 1 M. Dr.
Nass	27,316	17,6°	0,64324	16,507
Nach Abs. d. CO_2	20,765	17,4°	0,73815	14,403
In End. II. Nass	21,412	17,5°	0,64321	12,943
Mit H	22,301	17,5°	0,6823	14,300

Keine Explosion.

100 Th. Luft enthalten { CO_2 12,746; N 87,254; O vielleicht Spuren.

Jetzt will ich die Resultate der Versuche auf 100 Th. Blut berechnen und in eine Tabelle zusammenstellen.

Nummer des Versuches	O	N	Freie CO_2	Chemisch gebundene CO_2	Gesammte Menge der CO_2
1	1,161	4,728	33,168	4,366	37,534
2	Spuren	1,399	28,012	3,286	31,298
3	Spuren	1,181	38,152	4,011	42,163
4	Spuren	1,955	38,857	1,791	40,648

Die Zahlen dieser Tabelle an und für sich betrachtet, geben nur ein einziges Factum: das Verschwinden des Sauerstoffs aus dem arteriellen Blute des erstickten Thieres. Diese Erfahrung giebt einen ungeahnten Beleg für die energischen Verwandtschaften des lebenden Thieres zum Sauerstoff.

Nach einer anderen Seite hin merkwürdig erscheinen die vorstehenden Zahlen, wenn man sie mit denen zusammenstellt, welche L. Meyer für die Gase des normalen arteriellen

Hundeblutes gefunden hat. — Zur leichtern Vergleichung habe ich seine Zahlen auf 1 M. Dr. umgerechnet und hier hingeschrieben. Die Gasvolumina sind auf 100 Th. Blut berechnet.

Nummer des Versuches	O	N	Freie CO_2	Chemisch gebundene CO_2	Gesammte Menge der CO_2
12. Febr. 1	9,44	2,15	4,27	21,74	26,01
19. Febr. 2	13,99	3,45	4,01	15,93	19,94
28. Febr. 1	10,86	3,83	4,69	21,72	26,41

Abgesehen von allem übrigen zeigt sich zuerst zwischen dem Verhältniss der freien und gebundenen CO_2 in den beiden Tabellen ein auffallender Unterschied. Während in den Beobachtungen von Meyer die freie zur gebundenen CO_2 im Verhältniss von 1 zu 4 bis 6 steht, ist dasselbe im Blut der erstickten Thiere wie 1 zu 0,11 bis 0,04. Es war zuerst zu fragen, ob das Ueberwiegen der freien CO_2 in meinem Fall von der Blutart oder von der Methode abhing.

Um mit der Sache in's Klare zu kommen, unternahm ich die Bestimmung der Gase im normalen arteriellen Blute.

1. Versuch.

Blutmenge = 99,626.

Aufgel. Gase	Beob. V. d. Gas.	Temp.	Dr.	Vol. bei 0° u. 1 M. Dr.
Rec. Q. Nass	63,222	17 °	0,75157	44,732
Die durch die Querforts. D gefang. letzte Port. d. Gas. Nass . .	3,467	17 °	0,61655	2,012
Beide Portion. in Q.				
Nach Absorpt. d. CO_2 . . .	22,863	13,2 °	0,74231	19,189
Zu End. II. Nass	10,050	15,7 °	0,63132	6,00
Mit Wasserst.	79,040	15,7 °	0,763	57,031
Nach Explos. m. Knallgas . .	60,838	15,7 °	0,70134	40,350
Chem. geb. Gase				
Recip. P. Nass	4,802	17 °	0,56057	2,534
Folglich enthalten	O	N	Freie CO_2	Chem. geb. CO_2
99,626 Th. art. Blut	15,001	1,188	30,555	2,534

2. Versuch.

Blutmenge = 103,424.

Aufgel. Gase	Beob. V. d. Gas.	Temp.	Dr.	Vol. bei 0° u. 1 M. Dr.
in Q. Nass	62,166	17,6°	0,7386	43,137
Die letzte Port. d. gel. Gas. in Absorptions. VII. Nass . . .	7,091	17,6°	0,6488	4,322
Durch Unvorsicht eine Luftblase hineingekommen	9,210	20°	0,606	5,200
In Q nach Abs. d. CO_2 . .	27,140	17,8°	0,67881	17,296
In VII nach Abs. d. CO_2 . .	3,153	17,8°	0,60731	*) 1,797
Die beiden Portion. sind ohne Gasverlust in Q zusammengebracht und in End. II überführt. Nass	12,100	17,8°	0,62808	7,134
Mit Wasserstoff	85,615	18°	0,72299	58,072
Nach Expl. m. Knallgas . . .	60,570	18°	0,6831	38,817
Chem. geb. Gas. Rec. P. Nass	4,813	17,6°	0,5318	2,404
	O	N	Freie CO_2	Chem. geb. CO_2
103,420 Th. Blut enthalten . .	16,973	1,242	29,244	2,404

Die Zahlen der beiden Versuche auf 100 Th. Blut bezogen, geben:

	O	N	Freie CO_2	Chem. geb. CO_2
1. Versuch	15,05	1,192	30,66	2,54
2. Versuch	16,41	1,20	28,27	2,32

Diese Zahlen, welche ich durch meine Abreise von Wien zu vermehren verhindert war, zeigen, dass der früher hervorgehobene Unterschied zwischen Meyer's und meinen Beobachtungen in der Methode begründet ist. In dem von mir verwendeten Apparat gehören CO_2-Mengen noch zu den durch Wärme austreibbaren, welche in dem Meyer'schen schon als fixe angesehen wurden. — Diese meine Erfahrung lässt sogleich die Folgerung zu, dass im Blute des Hundes sehr wenig NaO,CO_2 enthalten sein muss. Wenn also, wie dieses die Versuche von Meyer bewiesen haben, ein sehr grosser Theil der im Blute vorhandenen CO_2 nicht absorbirt, sondern gebunden ist, so muss das Bindemittel durch das $2NaO,PO_5$ gegeben sein, welches nach Fernet diese Rolle übernehmen kann.

*) Man sieht, dass die aus dem arteriellen Blute zuletzt austretenden Gase keine reine Kohlensäure sind.

Um den schon früher als wahrscheinlich hingestellten Grund für den Unterschied des Kohlensäurebefundes von Meyer und mir zu bestätigen, unternahm ich noch den Versuch, das Blut in einem kleineren luftleeren Raume auszukochen, als bisher geschehen; dabei sollte noch die Dauer des Kochens nach den Meyer'schen Vorschriften eingerichtet werden. Der einzige Versuch, den ich in dieser Richtung anstellte, gelang nur soweit, dass der Gehalt CO_2 der zuerst ausgekochten Luft bestimmt werden konnte. Die Analyse ergab auf 100 Th. Blut 5,3 Th. CO_2, also dieselbe Zahl, welche L. Meyer in seinen Versuchen gefunden. Danach wäre es sehr wahrscheinlich, dass der im Verhältniss zur Blutmenge kleine Umfang seines Vacuums die Ursache seiner kleinen Zahlen für CO_2 ist.

Eine Zusammenstellung der Ergebnisse des zweiten Beitrages zeigt:

1. In dem Zeitpunkt der Erstickung, in welchem sich eben die Reflexe vom Nervus Quintus aus verloren haben, wo aber Athembewegung und Herzschläge noch bestehen, enthält das Blut keinen durch Kochen und das Vacuum abscheidbaren Sauerstoff mehr.

2. In dieser Zeit ist, wie schon W. Müller bewiesen, auch aller Sauerstoff aus der Lungenluft entfernt, vorausgesetzt, dass der Erstickungsraum den Umfang des Brustkastens nicht überschritten.

3. Die freie, durch Wärme und verminderten Luftdruck abscheidbare CO_2 ist im normalen Arterienblut um das 3- bis 4fache grösser, als man bisher angenommen. Dieser grosse Gehalt verdunstbarer CO_2 des Blutes im Verhältniss zu dem meist sehr niedrigen Gehalt der Athmungsluft an diesem Gase macht die grosse Geschwindigkeit der Abdunstung aus dem Blute in die Lungenluft begreiflich.

4. Das Blut des Hundes enthält sehr wenig NaO,CO_2; insofern also die CO_2 im Blute nicht blos nach der Dalton-Bunsen'schen Regel absorbirt ist, muss sie an $2NaO,PO_5$ gebunden sein.

5. Erlaubt man sich die nach gleichem Verfahren gewonnene procentische Gasmenge des erstickten und nicht erstickten Blutes zu vergleichen, so ergiebt sich:

a) die procentischen Gasmengen des erstickten Blutes sind kleiner als die des normalen.

b) Stickstoffgas und die nur durch Säuren abscheidbare CO_2 verändern sich nicht durch die Erstickung.

c) Im Erstickungsblute hat sich die freie CO_2 gemehrt, jedoch nicht in dem Verhältniss, in welchem der O abgenommen.

Der Grund hierfür kann ebensowohl im Austritt von Gasen aus dem Blute wie auch darin gesucht werden, dass ein Theil des Sauerstoffes auf andere Weise als zur Bildung von CO_2 verwendet wurde.

6. Im erstickten Thier ist der Unterschied zwischen dem Gehalt der Lungenluft an freier und dem des Blutes an verdunstbarer CO_2 ein sehr beträchtlicher; ob dennoch eine Ausgleichung der Spannung zwischen der CO_2 im Blut und in der Lungenluft stattgefunden, bedarf einer weiteren Untersuchung.

Angeborner Mangel beider Oberschenkelknochen.

Von

Prof. **Dr. Buhl.**

(Hierzu Tafel II.)

In Niederaschau, einem reizenden Thale unseres bayer'schen Hochgebirges, woselbst ich einen Theil der Herbstferien des Jahres 1857 zubrachte, fiel mir eine alte Frau durch ihre im Verhältnisse zu Rumpf und Armen äusserst kurzen Beine und durch den entenartigen Gang auf, bei welchem ihr Oberkörper mit jedem Tritte pendelartig je nach links und rechts schwankte. Von dem dortigen Landarzte, Hrn. Zollner, erfuhr ich, dass Margarethe Enzensberger 70 Jahre alt sei, von regelmässig gebauten Eltern stamme, vor 40 Jahren einen Sohn geboren und dieser bereits vor 9 Jahren einen Enkel gezeugt habe, an welchen beiden keinerlei Difformität zu bemerken sei. Es gelang mir auch, die zwergwüchsige Frau in ihrer Behausung näher zu besichtigen. Als sie sich meinem Wunsche gemäss in das sehr niedere Bett legen sollte, stieg sie, ohne eine sichtbare Kniebeugung zu machen, mit grosser Mühe auf ein Schämelchen und konnte sich erst von diesem aus mit einem kleinen Schwunge auf den Rand des Bettes setzen, wobei ihre Füsse, wiederum ohne Kniebeugung, fast gerade nach abwärts hingen. Bei der Untersuchung erkannte ich als Ursache der eigenthümlichen Gestalt und Fussbewegung einen vollkommenen Mangel der Oberschenkelknochen; jeder Fuss hatte nur 4 Zehen.

Meine dringende Bitte ging nun dahin, dass nach etwa erfolgtem Tode der in so seltener Weise missbildete Körper für die pathologisch-anatomische Sammlung des Staates acquirirt werden sollte. Ich hatte nicht lange zu warten; bereits im November desselben Jahres übersandte mir der k. Gerichts-Arzt in Prien (am Chiemsee), Hr. Dr. Ramis, Becken und

Unterglieder der eben verstorbenen Frau. Der Rumpf und sämmtliche Eingeweide, selbst die des Beckens, sollen nichts Bemerkenswerthes dargeboten haben und hatte der erstere die Dimensionen wie bei einem mittelgrossen Weibe.

Die mir zugeschickten Körpertheile liessen schon im unzergliederten Zustande mehrere besondere Verhältnisse wahrnehmen. In der Rückenlage war das Auffallendste, dass die Weichtheile der beiden Unterextremitäten oben am Becken sich median nicht berührten, sondern gleichsam wie zwei Pfeiler durch das zwischeneingeschobene Becken weit auseinandergehalten waren. Zugleich waren beide Füsse mehr als in einem Achtelkreise nach auswärts gedreht. Die Stelle des Oberschenkels, namentlich jene, welche den grossen Trochanteren entsprechen würde, war durch eine dicke, wulstige Fett- oder Fleischmasse bezeichnet, welche jedoch immer noch zu geringfügig und zu weit nach aussen gelegen war, um die Schamtheile durch eine entschiedene Furche seitlich begrenzen zu können. Die ganze behaarte Schamgegend erschien vielmehr als eine Ebene, an deren unterstem Rande bei der Rückenlage nur ein kleiner Theil, nämlich der oberste Anfang der klaffenden Schamspalte gesehen werden konnte. Der bei Weitem grösste Theil der Scham und der After*), beide durch einen sehr schmalen Damm von einander geschieden, lagen auf der Rückenseite und wurden somit nur bei der Bauchlage gesehen. Auch hier war eine ausgesprochene mediane Gesässfurche nicht vorhanden.

Diese gedrängte Beschreibung des bei äusserer Besichtigung Wahrgenommenen dürfte genügen. Die Zergliederung geschah nun dergestalt, dass die linke Hälfte skelettirt, an der rechten dagegen die Weichtheile und unter diesen namentlich die Muskeln genauer untersucht wurden.

Das knöcherne Becken**) zeigt folgende Eigenthümlichkeiten: es gleicht zweien abgestutzten, umgekehrt auf einander gestellten Kegeln und bezeichnet die Berührungsfläche die Linea innominata. Der obere Kegel, d. h. das grosse Becken, ist höher und enger als gewöhnlich, indem die Darmbeine ziemlich steil in die Höhe gerichtet sind und zwar bis zu einem Abstande der beiden oberen vorderen Spinae von einander von nur 19,6 Cm. — normal beträgt dieser Abstand bei 25 Cm. — Auch ist es unsymmetrisch in Folge einer schwachen skoliotischen Krümmung der letzten drei Lenden-

*) Siehe Fig. VII.
**) Vergl. Fig. I. u. II.

wirbel nach links. Es steht demnach der 9,5 Cm. hohe Kamm des linken Darmbeines von dem unteren Rande des 3. Lendenwirbels nur 6 Cm. ab, während der nur 9 Cm. hohe des rechten, zugleich etwas weniger steile und somit auch weniger hoch gestellte Kamm 8 Cm. sich von dem oberen Rande des vierten Lendenwirbels entfernt.

Der Eingang in das kleine Becken ist beiläufig um 1 Cm. nach jeder Richtung hin verengert, nämlich

der gerade Durchmesser beträgt 8 Cm.
der quere „ „ $12^1/_2$ „
der rechte schiefe Durchm. „ 10 „
der linke schiefe „ „ $11^1/_2$ „

An den Räumlichkeiten des unteren Kegels, d. h. des kleinen Beckens selbst, ist das Auffallendste, dass es sehr niedrig ist und zwar dadurch, dass einerseits das Kreuzbein nach rückwärts hinaufgeschlagen erscheint und einen fast rechten Winkel mit den Lendenwirbeln bildet = 85^0; andererseits, dass die beiden Sitzbeine und die Schambeine mit ihrem unteren Rande statt nach innen sich zu wenden, vielmehr stark nach aussen geworfen sind und endlich, dass die Entfernung der Spina ischii von der Linea innominata nur 2,5 Cm. (statt wie gewöhnlich 6 Cm.) beträgt. Man könnte deshalb beinahe sagen, ein kleines Becken existire nicht, sondern der Ring des Beckeneinganges sei zugleich auch Beckenausgang. Während der Beckeneingang nach allen Richtungen verengert ist, übertreffen die Maasse des Ausganges die Norm daher in allen Durchmessern an Grösse:

Wir finden vom Schambogen zum Steissbeine 11 Cm.
den Abstand beider Sitzknorren von einander 19,3 Cm.
von einer Incis. ischiad. maj. zur anderen . 13,5 „
eines Sitzknorrens vom Steissbeine . . . . 15 „

Zu einer richtigen Abschätzung der Beckenneigung wäre wohl der ganze Rumpf erforderlich gewesen. Das Resultat meines Messungsversuches, nämlich 32^0, darf somit auf vollkommene Richtigkeit keinen Anspruch machen. Doch ist es immerhin sicher gestellt, dass die Neigung ungewöhnlich vermindert war. Es hängt dies namentlich mit der schon erwähnten Rotation des Beckens um seine Queraxe zusammen, in Folge welcher das obere Ende des Kreuzbeines in das Becken hinein, das untere aus ihm hinaus- und gegen die Processus spinosi der Lendenwirbel hinaufgeschoben erscheint unter beträchtlicher Zerrung und Verlängerung des faserknorpeligen Verbindungs-Apparates zwischen ihm und den Darmbeinschaufeln. Eine Anchylose ist nirgends vorhanden.

Von der genannten Rotation hängt auch ab, dass die Breite von einer Spina infer. posterior zur anderen grösser ist, als im Normalzustande, nämlich 10,5 Cm.; von einer Spina post. superior zur anderen beträgt sie 9 Cm. Das Kreuzbein ist dabei sehr kurz, beträgt innen vom Promontorium aus gemessen bis zum Ende des Steissbeines nur 6 Cm. und zeigt, je näher dem Steissbeine, eine immer geringere Entwickelung. Es besitzt vier Löcher und sind dieselben einander viel näher gerückt und enger als gewöhnlich.

Das Steissbein endlich bildet eigentlich nur einen wallnussgrossen Knorren, der bei der Kürze und der berührten Rotation des Kreuzbeines unmittelbar unter den Processus spinosi der Lendenwirbel zu liegen scheint und die Haut daselbst etwas vorwölbt.

Das Foramen obturatorium misst 5 Cm. in der Quere und 3 Cm. in der Höhe. Der Schambogen erscheint sehr breit gezogen und dadurch niedrig; eine Linie von der Mitte der Schambeinfuge bis zur Mitte des Sitzknorrens misst 9,6 Cm.; von da bis zur Spina ant. infer. des Darmbeines 7 Cm.

Die wichtigste Abnormität des Beckens ist der Mangel einer Gelenkpfanne. Man sieht nur eine Andeutung derselben und zwar in einem kleinen, durch einen niedrigen Wall umsäumten dreieckigen Grübchen, welches ohne Knorpelüberzug nur mit Fett ausgefüllt, das Zusammentreffen von Sitz-, Darm- und Schambein bezeichnet.

In Folge des Mangels des Acetabulum steht auch die Spina anter. inferior der Linea arcuata näher, ist beträchtlich vergrössert, stellt einen mit kurzem Halse pilzähnlich aufsitzenden Knorren mit abgerundeter und überknorpelter Oberfläche dar, welche fast 2 Cm. im Querdurchmesser besitzt. Ueber die Halsrinne läuft die Sehne des Musc. iliopsoas aus dem Becken.

Das Unterglied besteht, wie bereits erwähnt, auf beiden Seiten eigentlich nur aus einer Tibia mit dem daran eingelenkten Fusse.

Die skelettirte Tibia der linken Seite*) misst 27 Cm. in der Höhe und ist der Art um ihre Längenaxe gedreht, dass der obere Gelenktheil mit seiner Vorderseite nach aussen und mit seiner Rückenseite nach innen sieht, folglich der äussere Condylus des Tibiakopfes nach rückwärts, der innere nach vorwärts gerichtet ist. Das obere Gelenkende ist zugleich von vorn nach rückwärts, d. h. gegen das Becken zu platt gedrückt, und misst der Dickedurchmesser daselbst nur 2,7 Cm.,

*) Vergl. Fig. III., *a* Vorderseite, *b* Rückenseite.

der Breitedurchmesser von einem Condylus zum anderen 6,3 Cm. Die Breite des rechtseitigen Tibiakopfes ist grösser, sie beträgt 8,6 Cm.

Die Fibula mangelt auf beiden Seiten vollständig und zeigt das untere Ende der Tibia demzufolge die Abweichung, dass es nach aussen einen kleinen nach abwärts sehenden Fortsatz besitzt, wodurch jener Mangel einigermaassen ersetzt und eine Art äusseren Malleolus hergestellt ist.

Der Schaft der linken Tibia ist schmächtig, ziemlich stark gekrümmt und besitzt 4 Kanten, eine vordere und hintere, eine innere und äussere. Die vordere convexe Kante beginnt von dem nach vorn sehenden inneren Condylus und läuft in den vorderen Rand des inneren Malleolus aus. Die hintere concave Kante beginnt vom äusseren Condylus und endigt rückwärts an dem äusseren Malleolus. Die äussere, scharf vorspringende Kante verläuft ebenfalls convex vom äusseren Condylus gegen die Vorderseite des äusseren Malleolus und die innere, nur schwach angedeutete Kante endlich trennt sich erst im oberen Drittheile der Tibia von der vorderen Kante, um rückwärts am inneren Malleolus zu endigen.

An der Stelle, wo die innere und vordere Kante zusammentreffen, findet sich ein zackiger, nach oben und vorn sehender Knochenauswuchs für Muskel- und Sehnenansätze. Mit der oberen Gelenkfläche der Tibia ist eine knorrige Knochenmasse, ebenfalls wie eine Exostose, innig verbunden. Dieselbe ist durch eine Querfurche halsähnlich von der Tibia abgegrenzt, welche Furche vorn und zu beiden Seiten deutlich ausgesprochen ist, dagegen an der Rückenseite (Innenfläche) fehlt. An der Rückenseite ist der Knorren vielmehr durch eine seichte senkrechte Furche in zwei seitliche Hälften getheilt, von welchen die eine über dem inneren (vorderen) Condylus am umfänglichsten ist, 2 Cm. in der Höhe und 3 Cm. in der Dicke besitzt, wogegen die andere gegen den äusseren (hinteren) Condylus mehr und mehr sich abdacht und verliert. Ihre Höcker sind überknorpelt. Es scheint ausser Zweifel, dass diese Knochenmasse das einzige Rudiment von Femur darstellt und zwar die vom Schafte des Oberschenkelknochen losgetrennte, aber mit der Tibia anchylosirte untere Epiphyse desselben.

In der Höhle des linken Hüftgelenkes fand sich noch frei ein kirschgrosses kugliges Knochenstück. Die Patella fehlt beiderseits gänzlich.

Die Fusswurzel*) besteht anstatt aus 7 nur aus 4 Knochen; nämlich aus den 3 Keilbeinen und einem grösseren Knochen, der die Stelle von Sprung-, Fersen-, Schiff- und Würfelbein einnimmt und aus der Verschmelzung dieser vier hervorgegangen zu sein scheint. Dieser Knochen, dessen ganze Länge von vorn nach rückwärts 6 und dessen Höhe 3 Cm. beträgt, besitzt somit 5 Gelenkflächen. Die obere bildet eine fast horizontale Ebene, scheint obere Talusfläche zu sein, wird von dem unteren Ende der Tibia umfasst und ist so gelegen, dass eine senkrechte Linie vom inneren (vorderen) Condylus des Tibiakopfes zum Tuber calcanei als Verticalaxe der Unterextremität gezogen dem inneren Malleolus zwei Drittheile, dem äusseren nur ein Drittheil überlässt. Auch steht die Gelenkfläche so tief, dass der obere Rand des Fersenfortsatzes die Gelenkfläche etwas überragt. Ihr Durchmesser beträgt von vorn nach rückwärts 4 Cm.

Die vier anderen Gelenkflächen an dem genannten Knochen stehen vorn und senkrecht; die äusserste entspricht der vorderen Gelenkfläche des Würfelbeines, die drei anderen der vorderen Gelenkfläche des Schiffbeines und artikuliren an ihnen die drei Keilbeine. Eine genauere Beschreibung der letzteren Knochen halte ich für überflüssig.

Mit den drei Keilbeinen artikuliren je drei Metatarsalknochen, mit der Gelenkfläche des Würfelbeines dagegen nur einer, der der kleinen Zehe. Es wurde bereits Eingangs bemerkt, dass beiderseits nur 4 Zehen vorhanden waren; durch die Präparation ist klar geworden, dass es die vierte Zehe sammt ihrem Mittelfussknochen ist, welche fehlt.

Die Fusswölbung ist äusserst gering. Das Tuberculum am Hinterende des Metatarsalknochen der kleinen Zehe ist verhältnissmässig wenig entwickelt, dagegen ist das vordere Ende des Metatarsalknochen der grossen Zehe zu einem ungewöhnlich grossen Höcker ausgebildet und stellt eine Hauptstütze für den Fuss dar. Am rechten Fusse befindet sich neben diesem Höcker gegen die erste Zehe zu ein über erbsengrosses Sesambein. So viel von den knöchernen Theilen.

Die Unterextremität war beiderseits durch eine rings geschlossene Gelenkkapsel mit dem Becken verbunden. An der präparirten rechten Seite ist sie quer aufgeschnitten**) und man sieht hier durch Auseinanderziehen der Schnittränder

*) Vergl. Fig. IV. u. V.
**) Siehe Fig. I.

die innere Oberfläche zottig, warzig, höckerig und mit mehreren taschenförmigen Ausbuchtungen versehen. Die Kapsel ist einerseits an den Hals des Femur-Rudimentes ringförmig befestigt und sendet von da Faserbüschel auf das Periost der Tibia; andererseits ist sie mit der Fossa iliaca externa des Beckens verbunden, überzieht die Reste des Acetabulum und zugleich auch die ganze Spina ilei anter. infer. an ihrem oberen und seitlichen Halstheile. Einzelne Faserbündel greifen auch in die Fascia pelvis ein. In die Höhle der Gelenkkapsel ragt also ausser den Synovialzotten und Warzen noch die überknorpelte Spina ilei ant. inf. und das Femur-Rudiment mit seiner unebenen, höckerigen, ebenfalls überknorpelten Oberfläche herein. Dass linkerseits noch ein kugliges Knochenstück frei in der Gelenkhöhle sich befand, wurde schon erwähnt. Ein Band, welches das Unterglied innerhalb der Gelenkhöhle an das Becken befestigte, ein Ligamentum teres, fand sich auf beiden Seiten nicht. Die an und für sich dünne Gelenkkapsel erhielt nur äussere Verstärkungen durch innige Verwachsung mit den umliegenden Weichtheilen, nämlich nach vorn mit der Scheide eines quer darüberliegenden Muskels, nach innen und rückwärts mit Muskelsehnen und zwischen ihnen gelagerten fibrösen Bandmassen, nach aussen mit einem dicken Fettpolster und einer dasselbe überziehenden Fascie, in welche breite Muskelsehnen ausstrahlen.

Da ein Kniegelenk eigentlich nicht vorhanden, sondern ein solches in der knöchernen Anchylose des Femur-Rudimentes mit der Tibia zu Grunde gegangen ist, da ferner die anatomischen Bedingungen eines normalen Hüftgelenkes, nämlich ein Acetabulum und ein Schenkelkopf fehlen, so erhellt, dass man ein völlig neues, abnormes Gelenk vor sich hat, das die Stelle des Hüft- und zu gleicher Zeit auch des Kniegelenkes einnimmt und versieht, und nach Art der falschen Gelenke und Synovialcysten gebaut ist. Trotz des Mangels eines Femur-Knochens sind doch fast alle Oberschenkelmuskeln *) vertreten. Um sich aber die sonderbare Faserrichtung und Insertion derselben vergegenwärtigen zu können, ist es nothwendig, sich vorzustellen, dass sie sämmtlich in einer senkrecht verlaufenden, kaum 2 Cm. langen und ziemlich dicken Bandmasse in convergirenden Fasern zusammentreffen. Diese Bandmasse, welche ich den Schenkelstrang nennen will, ist verbunden mit dem inneren vorderen Theile der Gelenkkapsel und die directe Fortsetzung der Sehne

*) Vergl. Fig. I., VI. u. VII.

des Musc. iliopsoas. Die dünnen Ausläufer der Fascia lata, die Muskelscheiden stehen mit demselben ebenfalls in innigem Zusammenhange. Die vordersten Muskeln nun sind der Adduct. longus und magnus. Der erstere ist ein runder, 9 Cm. langer, ganz horizontal verlaufender Muskel, der von der oberen Parthie und fast in der Mitte der Schambeinsymphyse entspringt und in der Gegend oberhalb des inneren (vorderen) Condylus der Tibia, etwas nach innen (rückwärts) von ihm in dem Schenkelstrange und zwar vor der Sehne des Iliopsoas endigt. Der andere, breitere und kürzere Muskel kömmt vom Höcker und zum Theil vom absteigenden Aste der Vorderseite des Sitzbeines, sendet seine Fasern schief von innen und unten nach aufwärts und aussen und befestigt sich neben und unterhalb des vorigen in jener Bandmasse. In die dreieckige Lücke zwischen diese beiden Muskeln sieht ein dritter breiter, dreiseitiger Muskel herein, welcher mit der Basis seines Dreieckes vom unteren Theile des absteigenden Schambeinastes und dem aufsteigenden des Sitzbeines beginnt und in zwei getrennten Bündeln, das obere, mehr horizontale, vom Adduct. longus, das untere, mehr schiefe, vom Adduct. magnus bedeckt, gegen den Schenkelstrang in convergirenden Fasern verläuft, um sich mit der Spitze seines Dreieckes hinter den Ansätzen der genannten zwei Muskeln in denselben zu befestigen. Beide Bündel zusammen halte ich für den Adduct. brevis (und minimus?).

Zuoberst von dem oberen Bündel des Adduct. brevis und bedeckt von dem Adduct. longus liegt noch ein rundlicher, 4 Cm. langer Muskel, der vom Schambeinkamme entspringt, horizontal verläuft und sich hinter dem Adduct. longus in den Schenkelstrang befestigt. Es ist dies der M. pectineus. Alle genannten Muskeln liegen somit nach innen von dem vorderen, inneren Condylus der Tibia.

Ein ziemlich umfänglicher Muskel entspringt in dem Schenkelstrange und schlägt sich in horizontaler Faserrichtung, gleichsam als eine Fortsetzung des Adduct. longus, um das knöcherne Rudiment des Femur herum und befestigt sich endlich, allmählich dicker geworden, mit den Strahlen seiner Sehne in der Mitte der vorderen, äusseren Seite des Tibiakopfes. Der Muskel besteht aus zwei verschmolzenen Bäuchen, ist 8 Cm. lang und reichlich mit Fett durchsetzt. Er vertritt unstreitig die Stelle des Cruralis, der beiden Vasti und auch des Rectus femoris. Ich nenne ihn kurzweg Rectus. Er bedeckt und schützt das Hüftgelenk und ist durch seine Scheide mit der vorderen und äusseren Wand der Gelenk-

kapsel verwachsen. Mit seinem oberen Rande ist er an das Becken, mit seinem unteren an die Tibia mittelst seiner Scheide befestigt.

Nach rück- und aufwärts von dem äusseren Ansatze des Rectus befindet sich eine starke sehnige Membran, ausgepolstert und getrennt von der Gelenkkapsel durch eine sehr reichliche Fettmasse. Dieses Fettpolster kann als der Stellvertreter des grossen Trochanter aufgefasst werden. In die sehnige Membran verlieren sich die fettdurchsetzten Gluteen und der kaum darstellbare Tensor fasciae latae; das gleiche thun der Obturat. internus und Quadratus femoris, beide äusserst zarte und dünne Muskeln. Von den Gemelli scheint nur der untere in einer kleinen Sehne vertreten zu sein. Der Pyriformis fehlt ganz.

Der Obtur. externus ist kräftig entwickelt und zeigt in seinem Ursprunge nichts Abnormes; er setzt sich nur am weitesten nach rückwärts, hinter der Sehne des Iliopsoas in dem beschriebenen Schenkelstrange an. Er besteht aus drei Bündeln, von welchen zwei nebeneinander liegen, das dritte dagegen von dem unteren der beiden ersten bedeckt ist.

Der Coccygeus, der Levator ani bedürfen keiner besonderen Auseinandersetzung; sie sind nur entsprechend der grösseren Weite des Beckenausganges zu einer dünnen umfänglicheren Muskelmembran ausgebreitet. Dicht neben und unterhalb dem Ansatze des Adduct. longus, an der Schambeinfuge und von da längs des ganzen absteigenden Schambein- und aufsteigenden Sitzbeinastes bis zum Sitzbeinhöcker, also in ungewöhnlicher Breite, fächerförmig, entspringt ein Muskel, der den Ansatz der sämmtlichen Adduktoren bedeckt, schief nach aussen und abwärts verläuft und schmaler werdend sich an die beschriebene Knochenzacke der Tibia anheftet. Es ist dies der M. gracilis. Von dem vorderen Rande des Darmbeines, zwischen der Spina anterior superior und inferior entspringt ein platter, 17 Cm. langer Muskel, verläuft in senkrechten Faserzügen an der Vorderseite der Unterextremität herab, bedeckt folglich den Rectus nächst der Stelle, wo der letztere in den Adduct. longus übergeht, ferner den vorderen (inneren) Condylus und die convexe Kante der Tibia und setzt sich ebenfalls an der beschriebenen Knochenzacke, nur etwas tiefer und weiter nach vorn als der Gracilis an. Dies ist der M. sartorius.

An eben diese Knochenzacke befestigt sich noch ein Muskel. Er entspringt an der Hinterseite vom ganzen Umfange des Tuber ischii und zum Theile vom Ligamentum sacro-tuberosum,

begiebt sich von da schief abwärts und nach hinten, um die concave Kante der Tibia zu umfassen und von da nach vorn an jene Knochenzacke neben und unter die Sehne des M. gracilis zu treten: Der M. semitendinosus.

Zwischen dem Ansatze des Semitendinosus und Gracilis am Sitzhöcker ist der bereits erwähnte Adduct. magnus eingeschaltet. Zwischen Semitendinosus und Adduct. magnus aber liegt noch der Semimembranosus, grösstentheils bedeckt von dem ersteren. Er verläuft schief abwärts und nach hinten, und sitzt mit breitem Fächer an der vorderen Kante der Tibia vom Condylus bis zur Knochenzacke an.

Der Biceps femoris, von welchem jedoch der kurze Kopf fehlt, entspringt ebenfalls wie gewöhnlich am Tuber ischii, zum Theil auch am absteigenden Aste des Sitzbeines und dem Ligam. sacro-tuberosum, verläuft unter zunehmender Breite in entgegengesetzter Richtung wie die beiden vorhergehenden, und so mit ihnen die Kniekehle bildend, mit seinem oberen Rande fast horizontal, mit seinem unteren dagegen schief abwärts und setzt sich an der äusseren Kante der Tibia an. Die mittlere Länge eines jeden der drei die Kniekehle bildenden Muskeln beträgt 9 Cm.

Dicht unter dem inneren Ende des M. rectus, zwischen den sehnigen Endigungen des Adduct. magnus und longus im Schenkelstrange, liegt die Arteria cruralis mit Vene und Nerv gleichen Namens, eben unter dem Poupart'schen Bande hervorgekommen; sie krümmt sich von da in vertikaler Richtung nach rückwärts, um sogleich als Poplitea in der Kniekehle wieder zu erscheinen. In der letzteren sieht man auch den Hüftnerv und seine Aeste.

Von den Unterschenkelmuskeln ist Folgendes hervorzuheben:

Der M. popliteus ist gut entwickelt, dagegen sind der Soleus und Gastrocnemius mit einander verschmolzen und entspringen nur von der Tibia. Der Plantaris und der Tibial. posticus fehlen. Der Tibial. anticus zeigt nichts Abnormes.

Der Extens. digit. communis spaltet sich in nur 2 Sehnen, eine für die kleine Zehe, die andere für die dritte (die vierte fehlt). Die zweite Zehe bekömmt ihre beiden Sehnen vom Extensor brevis, die dritte und fünfte Zehe dagegen erhalten von dem letzteren Muskel nur die Sehnen für die erste Phalanx.

Der Peroneus long. stellt 2 Bündel dar, davon einer an dem Malleolus externus der Tibia, der andere oben und vorn an der Fusswurzel (dem beschriebenen Hauptknochen derselben)

befestigt ist. Er liegt hinter dem Peron. tertius. Der Peron. long. und tert. sind miteinander verschmolzen und spaltet sich die Eine Sehne derselben über der Fusswurzel in 3 Sehnen, von welchen die eine (im Normalzustande der Sehne des Peron. br. entsprechend) an das hintere Ende, die zweite (der einen Sehne des Peron. tert. entsprechend) an die mittlere Parthie des Metatarsalknochen der kleinen Zehe geht, während die 3. Sehne (wie die 2. des normalen Peron. tert.) an das hintere Ende der ersten Phalanx der kleinen Zehe zugleich mit einer Sehne des Extens. digit. communis sich befestigt.

Hinter dem Malleolus internus läuft (da der Tibial. post. fehlt) nur der Flexor digit. communis und hallucis und sind beide da wo sie unter dem ligam. cruciatum verlaufen, zellgewebig fest miteinander verbunden und da wo sie hinter dem Flexor brevis sich kreuzen, sogar verschmolzen.

An der Fusssohle finden sich der Adductor, der Abductor und Flexor brevis hallucis, ferner der Flexor digitorum communis brevis, dessen 2 Sehnen an die 2. und 3. Zehe gehen. Lumbricales sind ihrer nur 3, ebenso sind für alle vorhandenen Mittelfussknochen die entsprechenden Interossei zugegen. Endlich sieht man den Abductor, Flexor und Opponens digiti quinti; der Flexor digit. comm. longus giebt an alle 3 Zehen Sehnen ab.

Versuchen wir nun den beschriebenen Körperfehler zu deuten, so scheint vor Allem ausser Zweifel, dass er nicht als ursprünglich unterlassene Anlage und Bildung beider Oberschenkel aufgefasst werden dürfe. Denn abgesehen davon, dass wohl die Füsse allein oder sammt Unterschenkeln fehlen können, während der Oberschenkel vorhanden ist, dass die Hände allein oder mit den Vorderarmen fehlen können, während gleichzeitig die Oberarme zugegen sind, dagegen dass ein absoluter Mangel der Oberschenkelbeine neben Vorhandensein der Unterschenkelbeine oder ein Mangel der Oberarmknochen neben ausgebildeten Vorderarmknochen noch niemals beobachtet wurde, tragen die Verhältnisse am Oberschenkel das Gepräge von Allem mehr, als von einem Bildungsfehler an sich.

Bei genauerer Erwägung nämlich ergiebt sich, dass man es mit den Folgen einer fötalen doppelseitigen Luxation im Hüftgelenke zu thun habe und lässt sich der Beweis dafür aus dem Vergleiche mit den zahlreichen Beobachtungen zweifelloser derartiger Luxationen liefern.

Wenn ich zu dem Ende das oben Beschriebene in seinen wichtigsten Momenten wiederhole und zu würdigen suche, so

geschieht diess, um die auffallende Aehnlichkeit mit den seit Palleta's*) und Dupuytren's**) Arbeiten bekannten Veränderungen im Hüftgelenke bei angeborner Luxation darzuthun.

Die Darmbeine sind verdünnt und ragen steil in die Höhe, ebenso sind Körper und Aeste des Schambeines, sowie die aufsteigenden Aeste der Sitzbeine dünner und länger, die Sitzbeinhöcker nach aussen geworfen und der Schambogen bedeutend erweitert und abgeflacht. Dabei hat der Eingang in das kleine Becken nur wenig an Weite verloren. Die Neigung des Beckens ist ausnahmsweise geringer, es steht mehr horizontal, die Lendenwirbel sind etwas Weniges nach vorn gekrümmt, das Kreuzbein nach rückwärts hinaufgeschlagen. Insbesondere von Wichtigkeit ist die Beschaffenheit der Gelenkhöhle, welche zu einem dreieckigen Grübchen verkümmerte und ist die Anwesenheit einer abnormen Gelenkkapsel, welche eine räumliche Ausbreitung besitzt, wie bei Luxationen unter den vorderen unteren Darmbeinstachel und ist endlich der Mangel eines Ligamentum teres.

Was das Schenkelbein betrifft, so ist keinem Zweifel unterworfen, dass es einmal existirt hat. Diess geht nicht nur aus dem noch vorhandenen knöchernen Rudimente desselben hervor, sondern vorzugsweise aus der Anwesenheit fast sämmtlicher Oberschenkelmuskeln. Der von mir sogenannte Schenkelstrang ist dann nichts anderes, als das bis gegen sein unteres Gelenkende auf ein fibröses Ligament reducirte Oberschenkelbein.

Es wird freilich nirgends in der Literatur eine fötale Schenkelluxation aufgeführt, bei welcher der Femur-Knochen in so ausgedehnter Weise vernichtet gewesen wäre. Dagegen giebt es eine Anzahl von Fällen, bei welchen nicht nur der Schenkelkopf und Hals vollkommen fehlten, sondern auch der Schaft um ein Bedeutendes, ja um die Hälfte kürzer war, als der Unterschenkel***).

---

*) De claudicat. cong. Advers. pract. I. 1788.

**) Mémoires sur la claudic. congén. 1826. — Leçons orales T. I. p. 212.

***) Cruveilhier, Traité d'anat. path. gén. I. p. 469, 484, 491.
Wernher, Handb. der allg. u. spec. Chirurgie. III. Bd. p. 194.
Lobstein, Traité d'anat. path. T. II. p. 152.
Carnochan, a treatise on the etiology, path. and treat. of cong. disloc. of the head of the fem. New-York 1850. p. 199. pl. VIII u. IX.
Harrison bei Adams in Todd's Cyclop. of An. and Physiol. Art. hipjoint, abn. cond. of the. Vol. II. p. 783.
Gurlt, Beiträge zur vergl. path. Anat. der Gelenkkrankheiten. Berl. 1853.

Diese Fälle schliessen sich somit an den meinigen vollkommen an und zeichnet sich der letztere nur durch die Grossartigkeit der Aufzehrung des Schenkelbeines von allen übrigen aus.

Der einzige analoge und ebenbürtige Fall ist von Dumas beschrieben und findet sich in J. F. Meckel's Handbuch der path. Anatomie*) mit folgenden Worten aufgezeichnet: „Bei einem Manne vertrat ein einziger, an dem einen Ende mit dem Becken, am anderen mit dem Sprungbeine verbundener Knochen, der die Grösse eines Schienbeines hatte, die Stelle aller Ober- und Unterschenkelknochen. Durch seine Krümmung entsprach er dem ersteren, durch die Gestalt seiner unteren Gelenkfläche den letzteren. Am oberen Theile dieses Knochens befand sich ein dreieckiger, zugespitzter, durch Hervorragungen und Gelenkflächen dem Oberschenkelbeine entsprechender Fortsatz, der auf der rechten Seite völlig getrennt und als ein eigener Knochen erschien, auf der anderen mit dem Schienbeinknochen zu einem Ganzen verschmolzen war. Das Sprung- und Fersenbein waren untereinander verschmolzen, die Zahl der Zehen eines jeden Fusses um eine verringert. Das Becken war sehr weit, das Heiligenbein ganz weiblich, das Hüftbeinloch dreieckig, der Sitzbeinausschnitt lang. An der Stelle der Pfanne befand sich ein dem Schlaffortsatz ähnlicher Gelenkfortsatz. Auch vom linken Oberarmbeine fand sich nur ein kleines Rudiment."

Es war mir nun von grösstem Belange, gerade zu der Zeit, als ich vorliegende Arbeit dem Drucke zu übergeben im Begriffe stand, eine genauere Beschreibung des Dumas'schen Objektes durch Dr. Lambl**) zu finden, wie sie ihm durch eigene Anschauung des Skeletes im Museum zu Montpellier ermöglicht war. Er bemerkt:

„Die meisten Knochen, namentlich die der unteren Extremitäten sind höchst absonderlich gebildet. Von den oberen Extremitäten ist die linke höchst mangelhaft, indem sie aus einem auf die Hälfte des Volums und der Länge reducirten Humerus besteht; die rechte ist ziemlich complet, hat jedoch die merkwürdige Missbildung des Ellbogengelenkes, dass Humerus, Radius und Olecranon ohne Spur einer ursprünglichen Trennung in ein Stück verschmolzen und nur die Ulna als dünne Knochenspange davon getrennt und separat beweg-

*) Bd. I. p. 747.

**) S. dessen interessanten u. reichhaltigen Reisebericht: Prager Vierteljahresschrift 1858. IV. Bd. S. 167. Mit Abbildung.

lich ist. Das Becken selbst hatte keine Hüftgelenkpfanne; ein einziges Knochenstück artikulirt oben mit der abgerundeten Aussenfläche des ungenannten Beines an der Stelle der Pfanne, unten mit dem Tarsus. Dieses Knochenstück bildet die Stütze für den Oberschenkel, die Wade und das Knie. Es repräsentirt, wenigstens auf der linken Seite, das Femur, die Kniescheibe, die Tibia und das Wadenbein zugleich; an seiner oberen Fläche zeigt es die Spur von einer Theilung, oberhalb deren sich eine unebene, knorrige, dreieckige Masse erhebt, die einem mangelhaften unentwickelten Femur ähnlich sieht. Diese Masse hat zwei Erhabenheiten in der Richtung der Trochanteren, und zwei Facetten an der Basis, die den Kondylen entsprechen. Diese Partie ist rechterseits gänzlich abgetheilt und vom übrigen Knochen getrennt, so dass hier zwei Knochenstücke vorkommen, die zu einander passen. Linkerseits jedoch besteht diese Eintheilung nicht, die dreieckige oder Femoral-Masse ist daselbst vereinigt und mit dem zweiten Stücke so verwachsen, dass dadurch ein einziges Knochenstück gebildet wird. Die Form dieses einzigen Knochenstückes scheint einigermassen die des Femur, andererseits die Gestalt der Tibia nachzuahmen; der Krümmung nach ähnelt es dem Femur, nach unten endigt es wie die Tibia, nämlich mit einem Knorren und einer Gelenkfläche für die Knochenpartie, welche den Astragalus vertritt. Dieser ist mit dem Calcaneus in eine unregelmässige unförmliche Masse verschmolzen. — Die Zahl der Metatarsalknochen beschränkt sich auf vier, ebenso die der Zehen. — Die Wirbelsäule ist nicht bloss im Verhältniss zum Unterkörper, sondern auch an sich sehr lang, besonders im Lendensegment, worin die Fünfzahl der Wirbel um eines vermehrt ist; der sechste Lendenwirbel steht sehr tief im Becken und assimilirt sich links durch einen breiten Flügel seines Proc. transv. an das Kreuzbein. Das Becken ist sehr geräumig und besonders im Querdurchmesser erweitert; das Kreuzbein ist klein, bei dem Bestande von nur 4 falschen Wirbeln kurz und wie beim weiblichen Becken nach vorn gekrümmt, die linke Lateralmasse ist etwas schmäler als die rechte; diese hat drei, jene durch Assimilation des überzähligen Lendenwirbels 4 Paare von Löchern; das Foramen obtur. ist mehr dreieckig als oval, mehr in die Breite nach aussen als in die Länge gezogen, die Incis. ischiadica verlängert; die Gelenkpfanne fehlt gänzlich und ist durch einen ausgeschweiften Höcker ersetzt, der einer queren Apophyse des Schläfenbeines ähnlich sieht, und mit einer Krümmung die Artikulationsfläche bildet. Ein sehr weites Kapselband (? oder nur

ein dickes Band von Fasergewebe ?) umgab die Rudimente dieses Gelenkes und gestattete dem Beine eine ausserordentliche Beweglichkeit. Der einzige Schenkelknochen, den die untere Extremität enthält, war an seinem oberen zugespitzten Ende mittelst einer queren Apophyse an die äussere Seite des Darmbeines gebunden."

Lambl bedauert mit Recht, dass über die Muskulatur dieses merkwürdigen erwachsenen Monstrums keine Angaben übermittelt wurden und waren die Weichtheile jedenfalls, entsprechend dem Knochengerüste, ebenso auffallend abweichend und anscheinend unvollkommen.

Trotz mehrerer Verschiedenheiten dieses mit meinem Falle glaube ich dennoch die unbestreitbare Aehnlichkeit beider in der Hauptsache annehmen zu können und möchte daher Lambl nicht beistimmen, dass namentlich das Becken unter keine der gangbaren Kategorien pathologisch-difformer Becken unterzubringen sei. Denn ich hoffe nicht nur darin richtig zu schliessen, dass auch die Muskulatur in ähnlicher Weise wie in meinem Falle sich verhalten haben mochte, sondern auch darin, dass der Dumas'sche Fall nicht minder für eine fötale Luxation im Hüftgelenke angesprochen werden müsse.

Bezüglich des ursprünglichen Zustandekommens der Luxation unterlasse ich, mich auf die verschiedenen darüber aufgestellten Theorien einzulassen, indem mein Fall kaum geeignet erscheint, darüber Aufschlüsse zu ertheilen, sondern bemerke nur, dass im Zusammenhalte mit den mangelhaften Bildungen am Unterschenkel und Fusse, welche offenbar die Folge der Vorgänge an Oberschenkel und Becken sind, die Luxation auch in einen ungewöhnlich frühen Zeitraum des fötalen Lebens zurückversetzt werden müsse und dass ich geneigt bin, ätiologisch den mechanisch-traumatischen Momenten, welche das entzündliche in sich einschliessen, das Wort zu reden. Zu letzterem Ausspruche bestimmt mich noch besonders ein vor Kurzem untersuchter, am Ende des 4. Monates stehender Fötus, bei welchem beide Unterextremitäten im Hüftgelenke luxirt waren und an dessen grossen Zehen beiderseits ein langer abgerissener Adhäsionsfaden sich befand, der dieselben an die innere Wand der Schafhaut angeheftet und bei den Bewegungen des Fötus sicherlich die gemeinschaftlich, gleichzeitig und in symmetrischer Richtung wirkende mechanische Ursache der doppelseitigen Luxation abgegeben hatte. — Es erübrigt noch einige Verhältnisse und vor Allem an der Gestalt des Beckens genauer zu würdigen.

Bei vollständiger Aufzehrung des Kopfes und Halses der Schenkelknochen fehlt nach den Beobachtungen Rokitansky's*) die bei angeborner doppelseitiger Schenkelluxation sonst regelmässig vorkommende vermehrte Neigung des Beckens, es wird vielmehr das Gegentheil erzeugt, nämlich es werden die Schambeine durch die Wirkung des Musc. iliopsoas in die Höhe gehoben. In unserem Falle ist die fast horizontale Stellung des Beckeneinganges dadurch erklärlich. Ihr kam einerseits die Stellung des Untergliedes unter die Spina anter. infer. anstatt auf die äussere Darmbeinfläche, andererseits die schon von Gurlt**) als constant bezeichnete ungewöhnliche Beweglichkeit im Lumbo-sacralgelenke noch besonders zu Hilfe.

Wenn nun gewöhnlich auch das Kreuzbein nach vorn gewendet ist und den geraden Durchmesser des Beckenausganges beschränkt, so musste bei Marg. Enzensberger nicht minder das Gegentheil geschehen, indem die mit der Zunahme des Schwundes der Schenkelknochen immer beträchtlichere Erhebung des Schambeines zugleich eine immer grössere Entfernung desselben vom Kreuzbeine zur Seite hatte und zwar unter bedeutender Dehnung der faserknorpeligen Kreuz-Darmbeinverbindung. Die vollständige Umstülpung des Steissbeines war die weitere Folge, dürfte sich aber erst nach der Geburt ereignet haben.

In dem von Cruveilhier***) beschriebenen, freilich mit Kloakenbildung verknüpften Falle fand dieselbe Rotation des Beckens nach vorn und aufwärts statt und war das Kreuzbein bis an die Rückenfläche der Lendenwirbel hinaufgeschlagen.

Es ist klar, dass dadurch die am Darmbeine ansitzenden Bauchmuskeln sich verkürzen, dagegen der Levator ani und Coccygeus an Flächenausbreitung gewinnen mussten. Diess Alles wurde nach der Geburt insbesondere durch die Gehversuche noch verstärkt, indem einerseits der Druck des Untergliedes auf den weichen Darmbeinschaufeln lastete und andererseits der Iliopsoas den Gesässmuskeln mit überwiegender Kraft entgegenwirkte. Wie bei allen angeborenen und veralteten traumatischen Luxationen im Hüftgelenke waren die Sitzbeinhöcker nach aussen und vorn gezogen. Man hält diess für die Wirkung der Rollmuskeln (Hülshoff†). Unser Fall

*) Lehrb. der path. Anat. Bd. II. p. 184.

**) a. a. O. p. 466.

***) Atlas l. c.

†) De mutationibus formae ossium. Amstel. 1857.

scheint jedoch mit dieser Ansicht in Widerspruch zu stehen, denn gerade die Rollmuskeln (der Obtur. int., der Quadr. fem.) sind verhältnissmässig sehr schmächtig, die Gemelli und der Pyriformis fehlen ganz. Ausserdem weiss man längst, dass dieselben beim Zustandekommen der Luxation mit Kapselriss und Austritt des Gelenkkopfes aus der Pfanne sehr häufig mitzerreissen und dennoch die Sitzbeine in der bezeichneten Weise sich ändern. Ich lege daher wenig Gewicht auf den Zug der Rollmuskeln, sondern leite die Richtung der Sitzbeinhöcker von der höher gerückten Stellung der Oberschenkelbeine zum Becken ab, in Folge welcher die Faserung aller Muskeln mehr horizontal, ja sogar schief von unten nach aufwärts vom Becken und insbesondere vom Sitzbeine zum Oberschenkel verläuft. Dieser Richtung accommodirten sich die Sitzbeine.

Was den Unterschenkel betrifft, der als Knochen eigentlich allein die Unterextremität vorstellt, so entspricht seine Länge nicht der Rumpfgrösse und ist diese abnorme Kürze auch am Fusse zu bemerken.

Als einen Ausgang von Entzündung kann man die Vernichtung des Kniegelenkes und die Synostose des unteren Gelenkendes des Femur mit der Tibia betrachten. Bei der Bildung der neuen Gelenkhöhle betheiligten sich also wahrscheinlich die Residuen zweier Kapseln, die des Hüft- und Kniegelenkes, was auch daraus hervorgeht, dass die rudimentäre Femur-Epiphyse frei in die neue Höhle hineinragt. Der Mangel einer Patella erklärt sich aus dem Mangel eines Kniegelenkes, dessen Sesambein sie darstellt, und aus der Mangelhaftigkeit der Muskeln, in deren Sehne sie sich bildet.

Aus dem Vergleiche unseres Falles mit dem Dumas'schen, Beide einen Mangel der Fibula und einer in linearer Richtung der Fibula liegenden Zehe an sich tragend, und nicht minder mit dem Wernher'schen*), bei welchem letzteren die Oberextremitäten luxirt und, wenn auch nicht gänzlich aufgezehrt, doch sehr verkürzt sind, geht eine gewisse Constanz in diesem Nichtgebildetwerden, eine ganz bestimmte Abhängigkeit der mehr peripherischen Theile der Gliedmasse von dem Bestehen oder der Mangelhaftigkeit oder dem gänzlichen Fehlen des ersten Gliedes derselben hervor.

Dass damit auch gewisse zugehörige Muskeln und Sehnen mangelten oder in Ansatz und Richtung variirten, versteht sich von selbst.

---

*) a. a. O. p. 194.

Vollkommen abnorm erscheint die Knochenzacke an der vorderen Kante der Tibia und zwar weniger wegen ihrer Form und Structur, als vielmehr wegen ihrer Lage und diese wiederum weniger desshalb, weil sie nach vorn gelegen ist, indem ja die Tibia um ihre Längenachse verdreht ist, sondern desswegen, weil die daselbst ansitzenden Muskeln (Gracilis, Sartorius, Semitendinosus) im Normalzustande ihren Anheftungspunkt dicht unter dem inneren Condylus finden, während in unserem Falle das obere Ende sich so weit von demselben entfernt, dass dieses Stück fast $^1/_3$ der ganzen Tibialänge beträgt. Diess scheint in Rücksicht der unverhältnissmässig massiven Entwicklung des Tibiakopfes nicht eine tiefere Lagerung jener Muskelinsertionen, sondern ein abnormes Wachsen und Strecken des oberen Drittheiles der Tibia zu bedeuten, welche den Schwund des Femur gleichsam zu ersetzen berufen ist.

Was noch übrigt, namentlich in Bezug auf die Bewegungsmöglichkeiten der missstalteten Theile während des Lebens, die ebenfalls im Allgemeinen denen analog waren, wie man sie gewöhnlich bei angebornen Luxationen beobachtet, dieses Wenige lässt sich nun, freilich nur in Bruchstücken und diese nicht ohne Schwierigkeit, aus dem Vorhergehenden ableiten.

Die Fixirung der Tibia an das Becken war weniger durch die Festigkeit der Gelenkkapsel, als vorzugsweise durch Muskelkräfte ermöglicht, diese aber bedeutend unterstützt durch die Unebenheit der Innenwand der Gelenkhöhle, welche ein Verrücken der fest aneinandergepressten Gelenkflächen kaum gestattete. Der Rectus fem. in der Mitte und die Adduktoren sammt dem Obtur. ext. einerseits und den Gluteen mit dem Tensor fasc. lat. andererseits wirkten wie ein äusserer Gürtel auf die Gelenkkapsel und pressten das in ihr enthaltene Femur-Rudiment an das Becken an. Ueber dem Rectus half der Sartorius in senkrechter Richtung mit. Ein Abwärtsgleiten der Tibia war durch den Gracilis, besonders aber durch den Biceps fem., Semitend. und Semimembranosus verhindert. So dienten also alle Schenkelmuskeln eigentlich zu dem Zwecke, die Unterextremität in ihr Gelenk zu fesseln.

Musste sich diese Wirkung der Schenkelmuskeln vorzugsweise beim Stehen geltend machen, so würde doch die ganze Last des Körpers nicht getragen worden sein, wenn nicht die in die Gelenkhöhle hereinragende Spina anter. infer. einen starren Halt dargeboten hätte. In den äusseren, vorderen Theil des Halses dieses überknorpelten Knorrens passte jeder-

seits eine kleine Vertiefung der höckerigen Oberfläche des Femur-Rudimentes und zwar am festesten bei vertikaler und seitlich übergeneigter Stellung des Oberkörpers.

Das obere Ende der Tibia liegt, wie bereits angegeben ist, der Art in der Gelenkkapsel, dass seine hintere fast ebene Fläche sich ans Becken anschmiegt und an ihm nach vor- und rückwärts bewegen lässt, während die vordere convexe Fläche den Theil der Kapsel berührt, welcher mit dem Rectus verwachsen und umgürtet ist. Da nun jene Vertiefung im Femur-Rudimente, in welche die Spina ilei ant. inf. eingepasst ist, über dem inneren Condylus der Tibia sich befindet, so fiel das Loth des Körpergewichtes beim Stehen durch die Spina ilei ant. inf. und den inneren (vorderen) Condylus der Tibia auf den Fersenhöcker. Die Tibia stand dabei nahe an der äusseren Seite des Sitzbeines, nur durch die anziehenden Muskeln davon getrennt, der Fuss fast rechtwinklig nach aussen gerichtet, die Wirbelsäule mit dem oberen Brusttheile in geringem Grade nach rückwärts gebogen.

Beim Versuche, den Fuss behufs des Gehens zu heben, mussten natürlich alle jene Muskeln in verstärktem Maasse thätig sein, welche die Tibia an das Becken anpressen und die ganze Körperlast wurde dann insbesondere durch die Eine entsprechende Spina des Beckens gestützt, die Hüfte dabei bedeutend vorgewölbt. Das Loth des Körpergewichtes fiel hier nicht mehr in das Fersenbein, sondern in den Ballen, d. h. in das vordere Ende des von der Mittellinie des Fusses stark divergirenden Metatarsalknochens der grossen Zehe und musste die Gliedmaasse zu diesem Behufe sich etwas nach innen wenden, nämlich durch stärkeres Anziehen der unteren Adduktoren, des Gracilis, des Semimembranosus und tendinosus etwas der Längenachse des Rumpfes sich nähern. Wirklich gehoben wurde das Glied durch die vereinte Wirkung der Beugemuskeln des Unterschenkels und des Gracilis; es beugte sich aber nicht gerade nach rückwärts, sondern vielmehr schief nach innen und rückwärts. Die Adduktoren, der Rectus waren dabei unthätig und gestatteten höchst wahrscheinlich, dass die Tibia in der Gelenkhöhle unter der Spina ilei ant. inferior hervortrat.

Beim Schritte musste aber die Gliedmaasse nicht nur gebeugt, sondern auch vorwärts gebracht werden und diese Funktion versah fast einzig und allein der Sartorius. Vermöge seines Ansatzes an der Knochenzacke und vermöge der Auswärtskehrung des Fusses musste das Vorschwingen nicht wie bei unserem Vorwärtsschreiten in der Richtung der Zehen,

sondern in der Richtung des inneren Fussrandes stattfinden. Das obere Gelenkende der Tibia wurde dadurch etwas nach rückwärts an der Beckenwand, dagegen der Schaft der Tibia nach vorn dicht über dem Tuber ischii verschoben und hatten daran wahrscheinlich auch die Gluteen Antheil.

Beim Steigen (z. B. auf eine Treppe, die jedoch nicht hoch sein durfte) wurde dieselbe Bewegung ausgeführt, nur mit einem Zehenschwunge begleitet.

Wurde der aufgehobene Fuss wieder zu Boden gestellt, wobei der Rectus und die Adduktoren wieder thätig waren und der Sartorius seine Wirksamkeit behielt, so glitt die Tibia am Becken wieder nach vorn unter die Spina ilei inf., wurde daselbst fixirt und fiel das Schwerloth des Körpers auf die untere vordere Beckenspina dieser Seite, wie zuvor auf die entgegengesetzte. Der entenartige Gang war darin begründet.

Das Tibiotarsalgelenk gestattete bei seiner geringen Wölbung wohl eine seitliche Bewegung, welche beim Gehen besonders unmittelbar vor dem Aufheben des Fusses nothwendig wurde. Die Hauptbewegung aber, zum Zwecke das Loth des Körpergewichtes beim Aufheben des Fusses von der Ferse auf den Ballen der grossen Zehe zu verschieben und beim Niederstellen desselben von der letzteren Stütze wieder auf die Ferse, diese Hauptbewegung nach vorn und rückwärts (oder vielmehr nach aussen und innen) erlangte durch die Verschmelzung der 4 ersten Tarsalknochen eine ungleich grössere Sicherheit.

Ein Sitzen war nur mit abwärts hängenden, nicht mit wagrecht gestellten Beinen und zwar nur auf dem knorrigen Steissbeine, nicht aber auf den Sitzhöckern möglich, da die beiden Schienbeine sich nicht von diesen Höckern entfernen konnten.

Schliesslich ist noch zu erwähnen, dass auch ohne das Zeugniss der Marg. Enzensberger selbst, ihr Sohn sei mit grosser Leichtigkeit und rasch zur Welt gekommen, dieser Umstand aus der Gestalt des Beckens sich klar ergeben hätte.

Die aus der Lage und Faserrichtung der Muskeln so eben deducirten Bewegungen stimmen mit den Eingangs erwähnten, während des Lebens wirklich beobachteten überein. Ob noch andere aussergewöhnliche Bewegungen möglich waren, sowie es von dem Dumas'schen Falle, welches den Namen „Squelette d'un Sauteur" führt, angegeben wird, muss ich dahin gestellt sein lassen, denn als ich Marg. Enzensberger sah,

war sie bereits 70 Jahre alt, wo jedem Menschen das Springen ohnehin vergeht.

Lambl sagt darüber Folgendes aus*): „Die Art und Weise der Hüftgelenkverbindung hatte die Beugung des Bekkens und des Rumpfes gegen die Beine in der Art beschleunigt, dass die excessive Beweglichkeit dieser Theile, da keine gehörigen Grenzen der Flexion zu setzen waren, nothwendigerweise die grössten Hindernisse der Ausübung und der Intensität des Sprunges abgeben musste. Da die Beine dieses Springers aus je einem einzigen Stücke bestehen, konnten sie beim Sprunge nicht demselben Mechanismus unterworfen sein, der sich auf die Wirksamkeit mehrerer Stücke gründet. Dumas ist darüber mit Barthez, der den Sprung auf die Projektionsbewegung zurückführt, die dem intermediären Knochen, dem Schienbein, gegeben wird, in einen Streit gerathen, dessen Hauptsache in den Principes de physiologie de Ch. L. Dumas (1806. Paris, Deterville II. edit. IV. Vol. p. 281) zu finden ist. Bei diesem Individuum konnten die Extensoren der zwei Gelenke keine Projektionsbewegung einem intermediären Knochen mittheilen, der sie wieder um ein veränderliches Centrum der Rotation fortgepflanzt hätte, denn hier existirten die beiden Artikulationen nicht, da anstatt eines intermediären Knochens zwischen dem Schenkel und dem Fusse ein einziges Knochenstück, das Gestell, die untere Extremität bildet. In der That musste hier der Sprung mit viel weniger complicirten Mitteln ausgeführt werden. Dumas führt die Bedingungen auf die Centrifugalkraft zurück, die dem ganzen Körper durch die Projektionsbewegung mitgetheilt und wobei das Centrum dieser Bewegung durch die Muskelthätigkeit verrückt wird, welche die Gelenke des Oberschenkels und der Schiene, nachdem sie gebeugt waren, wieder zurechtlegt. Bei diesem Springer konnte nämlich die successive, jedoch rasche Flexion und Extension eines einzigen Knochens die Projektionsbewegung dem ganzen Körper mittheilen und das Centrum dieser Bewegung verrücken, indem dieses auf die verschiedenen Punkte des Hüftgelenkes übertragen wurde. Allein die ungeheueren Sprünge, deren manche Menschen fähig sind, lassen sich auch aus anderen Umständen mit erklären, wobei die Gewohnheit, die Nothwendigkeit, die Erziehung etc. eine Rolle spielen, welche die menschliche Natur vielleicht mehr beherrscht, als der Mechanismus der Organisation. Da bei dem Springer von Montpellier das beweg-

*) a. a. O.

liche Centrum der Rotations- und Projektionsbewegung in die Hüftgegend versetzt war, musste dieses abnorme Gelenk bei allen Bewegungen einer sehr complicirten Verrichtung dienen und einen Theil der Hüftgelenkfunktion auf die Lendenwirbelsäule übertragen, deren Länge und Beweglichkeit mehr als gewöhnlich entwickelt und besonders geeignet war, selbst bei der Locomotion dem mangelhaften Hüftgelenke einigermassen zu Hilfe zu kommen."

Diese Erörterungen über den Springer von Montpellier lassen sicherlich in vielen Beziehungen eine Anwendung auf Marg. Enzensberger zu, und dürfte sie in ihrer Jugend, wenn auch keine Springerin von Profession, doch auffallend leichtfüssig gewesen sein.

Erklärung der Abbildungen*).

Fig. 1. Vordere Ansicht des Beckens und der rechten Unterextremität:

1. Spina anter. infer. ossis ilei der linken Seite.
2. Vorsprung der Spina ant. inf. der rechten Seite, von der Gelenkkapsel überzogen.
3. Dreieckiges Grübchen an der Stelle des Acetabulum.
4. Geöffnete Gelenkhöhle der rechten Seite.
5. Ligam. Poupartii.
6. Arteria cruralis. Vene und Nerv gleichen Namens sind in der Zeichnung der Deutlichkeit halber weggelassen.
7. Kopf der Tibia.
8. Knochenzacke derselben.
9. Schenkelstrang.

a. Musc. iliopsoas.
b. „ sartorius.
c. „ rectus femoris.
d. „ pectineus.
e. „ adductor longus.
f. „ „ brevis.
g. „ „ magnus.
h. „ semimembranosus.
i. „ gracilis.
k. „ semitendinosus.
l. „ gastrocnemius.
m. „ tibialis anticus.

Fig. 2. Seitliche Ansicht der linken Beckenhälfte.

1. Dritter Lendenwirbel.
2. Spina anter. infer. ossis ilei.
3. Stelle des Acetabulum.
4. Symphysis oss. pubis.
5. Sitzknorren.
6. Promontorium.
7. Synchondrosis sacro-iliaca.
8. Steissbein.

---

*) Die Abbildungen sind sämmtlich von Hrn. Dr. med. Kollmann nach der Natur gezeichnet.

Fig. 3. a. Aeussere (vordere) Seite der Tibia
b. innere (hintere) Seite derselben
1. Femur-Rudiment.
2. Innerer (vorderer) Condylus.
3. Aeusserer (hinterer) Condylus.
4. Knochenzacke abnormer Art.
5. Vordere
6. hintere
7. äussere
8. innere
} Kante.
9. Innerer
10. äusserer
} Malleolus.

Fig. 4. Ansicht der inneren Seite des Sprung-, Fersen-, Schiff- und Würfelbein vertretenden Knochens:
1. Obere Gelenkfläche (des Sprungbeins).
2. Fersenbeinhöcker.
3. Schiffbein.
4. Würfelbein.

Fig. 5. Ansicht der Knochen des ganzen Fusses von oben:
1. Fersenbein
2. Sprungbein
3. Würfelbein
4. Schiffbein
} der Hauptknochen.
5. Die Keilbeine: I.
6. „ „ II.
7. „ „ III.
8. Metatarsus.
9. Grosse Zehe.
10. Kleine Zehe.
11. Zweite und dritte Zehe.

Fig. 6. Hintere Ansicht des Beckens und der Unterextremität:
1. Steissbein.
2. Skeletirte linke Beckenhälfte.
3. After.
4. Schamspalte.
5. Darmbeinkamm.
6. Ligam. sacro-tuberosum.
a. Musc. glutaeus maximus.
b. „ levator ani.
c. „ obturat. intern.
d. „ quadrat. fem.
e. „ biceps fem.
f. „ semitendinosus.
g. „ semimembranosus.
h. „ adductor magnus.
i. „ gracilis.
k. „ popliteus.
l. „ gastrocnemius.

Fig. 7. Seitliche Ansicht der rechten Beckenhälfte und ihrer Unterextremität.
1. Lendenwirbel.
2. Darmbeinkamm.
3. Steissbein.

4. Kopf der Tibia.
5. Fettpolster.
a. Musc. glutaeus maxim.
b. „ „ med. et. tensor fasc. latae.
c. „ biceps fem.
d. „ semitend.
e. „ sartorius.
f. „ rectus.
g. „ gastrocnem.
h. „ flex. digit. comm. l.
i. „ tib. antic.
k. „ extens. hall. long.
l. „ ext. dig. comm. l.
m. „ „ „ brevis.
n. „ peroneus l.
o. „ „ br.
p. „ „ III.

Mittheilungen aus dem chemischen Laboratorium des physiologischen Institutes zu Göttingen.

Von

Prof. **C. Boedeker.**

I. Ueber die künstliche Darstellung von Zucker aus dem Knorpel und die Umsetzung des genossenen Chondrin's im menschlichen Körper.

Von **Dr. G. Fischer** und **C. Boedeker.**

Im Sommer 1854 theilte ich den Herren Proff. Wöhler und Henle meine ersten Beobachtungen mit, dass es mir gelungen sei, aus dem hyalinen Knorpel (sowohl aus Rippenknorpel, wie aus Luftröhrenknorpel von Menschen und Thieren), und ebenso aus dem Chitin (von Maikäferflügeldecken) durch Kochen mit Mineralsäuren Zucker zu erhalten. Herr Dr. C. Ritter übernahm die weitere Verfolgung der Frage, ohne dass es indess gelungen wäre, den Zucker unverändert und rein genug zur Gährung zu bringen. Die erhaltenen Producte schmeckten süss und rochen ganz wie brauner Zuckersyrop, die Reductionen von Kupferoxydul und von metallischem Silber erfolgten aus den alkalischen Lösungen mit Kupfer- und Silberlösungen sehr reichlich; aber eine Gährung mit Hefe war nicht zu erreichen.

Die Vermuthung, dass der schwer gährungsfähige Milchzucker hier gebildet sein möchte, wurde durch die gänzliche Unfähigkeit dieser Producte zur Krystallisation zurückgewiesen.

Da es Dr. Ritter auch nicht gelingen wollte, ein stickstofffreies Product zu erhalten, so wagte ich nicht mehr, das reducirende Product für Zucker zu erklären, sondern ich stellte es unter der Bezeichnung Chondroitsäure (N. F. dieses Journals, Bd. VII. Hft. 1. S. 144) der weiteren Entscheidung anheim.

Diese Entscheidung lieferte endlich ein neuer Angriff der Frage, den ich mit Herrn Dr. G. Fischer unternahm.

Die Rippenknorpel von 6 Leichen wurden nach dem Aufweichen in heissem Wasser von den Weichtheilen befreit, getrocknet und möglichst zerkleinert. Zur Extraction unorganischer Salze wurde die Masse mit sehr verdünnter warmer Salzsäure behandelt und mit Wasser ausgewaschen. Der so gereinigte Knorpel wurde mit so viel concentrirter Salzsäure übergossen, dass er davon eben bedeckt war, und gekocht, bis eine Probe mit Aetznatron und Fehling'scher Lösung versetzt beim Kochen reichliche Abscheidung von reducirtem Kupferoxydul zu erkennen gab.

Die so erhaltene saure braune Lösung wurde mit Wasser verdünnt, nach dem Erkalten von etwas ungelöstem Rückstand und vom erstarrten Fett abfiltrirt, darauf mit feingepulverter Bleiglätte digerirt und nach dem Erkalten von dem überschüssigen Bleioxyd, so wie vom basischen Chlorblei abfiltrirt; diese Lösung wurde auf dem Wasserbade bis zur dicklichen Consistenz eingedampft und darauf mit Alkohol versetzt. Die reducirende Substanz (Zucker) wurde hierbei gelöst, während ein zäher brauner Absatz von glutinähnlichem Verhalten ungelöst abgeschieden wurde.

Die alkoholische Lösung wurde mit basisch-essigsaurem Bleioxyd gefällt; hierdurch wurde der Zucker aber nur theilweise gefällt; die von diesem Niederschlage abfiltrirte Lösung wurde deshalb mit Ammoniak versetzt. Durch dieses in Verbindung mit dem in der Flüssigkeit enthaltenen Bleisalze wurde das Reducirende bis auf einen unwesentlichen Rest gefällt. Dieser Niederschlag wurde abfiltrirt, nicht zu lange ausgewaschen, dann in Wasser aufgeschlämmt und durch Schwefelwasserstoff zerlegt.

Die vom gebildeten Schwefelblei abfiltrirte Flüssigkeit wurde auf dem Wasserbade concentrirt, von dem dabei nachträglich noch abgesetzten Schwefelblei und Schwefel durch Verdünnen mit Wasser und Filtriren befreit.

Eine Probe, mit Aetznatron alkalisch gemacht, dann mit Fehling'scher Lösung versetzt, zeigte beim Erhitzen reichlich und schön die Abscheidung von reducirtem Kupferoxydul.

Wichtiger war es, dass dieselbe mit Aetznatron alkalisch gemachte Probe beim Kochen mit Wismuthoxydhydrat ganz wie Zucker das weisse Wismuthoxydhydrat zu sammetschwarzem Metallpulver reducirte.

Die wichtigste Entscheidung lieferte aber der Gährungsversuch: um die hinderliche Störung der in der Lösung immer noch vorhandenen freien Salzsäure zu beseitigen, wurde sie vorsichtig mit etwas kohlensaurem Natron neutralisirt und in

einer flachen Schale auf dem Wasserbade erwärmt, um jeden Rückhalt von Kohlensäure zu entfernen, wobei ein Paar Tropfen Weinsäure-Lösung zugesetzt wurden, so dass die Flüssigkeit hierdurch sehr schwach saure Reaction erhielt. Sie wurde dann mit etwas Hefe versetzt, von der eine voraus gemachte Probe mit Wasser erwiesen hatte, dass sie keine Gährung für sich mehr erlitt. Durch ein Glasröhrchen wurde das bei der Gährung entwickelte Gas in klares Kalkwasser geleitet: schon eine Stunde nach der Mischung begann die Gasentwickelung und nachdem die entwickelte Kohlensäure die meiste atmosphärische Luft im Glase verdrängt hatte, zeigten die Anfangs klar durch das Kalkwasser hindurchgehenden Blasen reichliche weisse Trübung und Fällung von kohlensaurem Kalk.

Die von der Hefe nach 24 Stunden abfiltrirte Flüssigkeit zeigte indessen noch immer bei der Prüfung mit Fehling'scher Lösung starke Reduction, und als sie der Destillation unterworfen wurde, fanden sich im Destillat nur geringe Mengen von Alkohol: nämlich mit Schwefelsäure und etwas saurem chromsaurem Kali erhitzt, wurde dieses zu grünem Chromoxydsalz reducirt und es entwickelte sich der charakteristische Aldehydgeruch; als ein anderer Theil des Destillates mit essigsaurem Natron und concentrirter Schwefelsäure vermischt wurde, trat neben dem Geruch von freier Essigsäure nur schwach der Geruch von Essigäther auf.

Die Bildung von gährungsfähigem Traubenzucker, der beim Kochen mit Aetznatron Kupferoxyd zu Oxydul, Wismuthoxyd zu Metall reducirt, ist hiernach bewiesen.

Wie Berthelot's schöne Untersuchungen in Betreff des Chitins, so haben diese Untersuchungen von Dr. Fischer und von mir in Betreff des Knorpels erwiesen, dass das durch Kochen mit Säuren aus diesen stickstoffhaltigen Geweben gebildete Kupferoxyd-reducirende Product keine besondere stickstoffhaltige Substanz ist; mit Freuden nehme ich die Aufstellung der Chondroitsäure als eine besondere Substanz zurück und sehe dagegen meine vor 5 Jahren ausgesprochene Behauptung bestätigt, dass aus jenen beiden Geweben durch Spaltung beim Kochen mit Salzsäure oder Schwefelsäure — (oder Chlorzink, welches ganz ähnlich wirkt) — Traubenzucker gebildet wird.

Weshalb trat denn aber früher die Gährung mit Hefe da nicht ein, wo die Flüssigkeit durch reichliche Reduction von Kupferoxydul (beim Kochen mit alkalischer Kupferoxydlösung) einen beträchtlichen Gehalt an Zucker erwarten liess?

Auf diese Frage ergab sich uns nun leicht die Antwort, als wir zur Gegenprobe reinen Zucker mit starker Salzsäure etwas anhaltend kochen liessen. Als die dickliche braune Lösung dann mit etwas Alkohol versetzt und auf dem Wasserbade verdampft wurde, um mit dem zugesetzten Alkohol zugleich die Salzsäure zu entfernen, da zeigte die braune wässerige Lösung des Rückstandes ein ganz ähnliches Reductions-Vermögen, wie die früheren Producte aus Chitin und Knorpel, aber seine Gährungsfähigkeit hatte der Zucker bei dieser Misshandlung mit starker Mineralsäure vollständig eingebüsst; offenbar war diese zu heftige Wirkung der Salzsäure auch der Grund, dass jene früheren Producte aus Chitin und Knorpel nicht gährungsfähig waren.

Aus diesem Verhalten des Zuckers ergiebt sich nun andererseits für die Darstellung von Zucker aus diesen stickstoffhaltigen Geweben als eine besonders zu beachtende Bedingung des Gelingens, dass man die Säure nicht länger und heftiger wirken lassen darf, als durchaus nöthig ist, um die Abspaltung des Zuckers aus den complexen Gebilden zu erreichen.

Dass nun der Zucker in diesen genannten Geweben nicht bereits fertig gebildet existirt, bedarf wohl kaum nach dem oben Gesagten eines besonderen Beweises; dieser liegt klar darin, dass weder eine wässerige, noch eine schwach saure Abkochung von Knorpel Zuckerreaction zeigt. Das Chondrogen reiht sich offenbar der in der Pflanzenwelt zahlreich repräsentirten Klasse von Glucosiden oder Saccharolyten an, die beim Kochen mit Mineralsäuren in mehrere Stoffe zerfallen, unter denen irgend eine Zuckerart als ein gemeinschaftliches Product auftritt; Salicin und Amygdalin bieten sich als die bekanntesten Beispiele der verschiedenen Gruppen dieser Saccharolyten dar.

Sowie nun aber aus diesen Pflanzenstoffen, statt durch Kochen mit Säuren, auch durch Berührung derselben mit gewissen Fermenten, z. B. mit Emulsin oder Speichel, die Zerspaltung in Zucker und besondere Producte bewirkt werden kann, so kann ohne Zweifel auch der Knorpel durch ein gewisses Ferment diese Spaltung erleiden. Um zu prüfen, ob nicht das Chondrin (von dem ich durch frühere Untersuchungen gefunden hatte, dass es sich beim Kochen mit Salzsäure gerade so verhielte, wie das natürliche Chondrogen-Gewebe), wenn es reichlich genossen wird, im menschlichen Organismus auch in Zucker und andere Stoffe gespalten wird, entschloss sich Herr Dr. Fischer zu folgenden Versuchen an sich selbst.

Für die sechs Versuchstage, 15—20 Mai, wurde ganz gleichmässig folgende Kost und übrigens gleiche Lebensweise eingehalten:

Morgens 1 Tasse Caffee, 2 Weissbrödchen mit Butter; Mittags 1 Pfund Fleisch und 2 Weissbrödchen; Abends 1 Tasse Thee und 2 Brödchen mit Butter. Zucker wurde durchaus vermieden; getrunken wurde nur eine gleichbleibende Menge Wasser.

Am 4., 5. und 6. Tage genoss er täglich noch 500 Gr. eines consistenten Gelés von Chondrin, dem 6,25 Gr. Chlornatrium zugesetzt waren. Die darin enthaltene Menge von Chondrin, bei 120° C. getrocknet, betrug 36 Gr.

Der Harn wurde während dieser 6 Tage vollständig gesammelt von je 24 Stunden und sogleich frisch untersucht.

Den Harnstoff bestimmten wir nach der gewöhnlichen schönen volumetrischen Methode Liebig's mit salpetersaurem Quecksilberoxyd; das Chlor wurde nach Mohr's Methode mit salpetersaurem Silberoxyd und einfach chromsaurem Kali titrirt; hierzu eignet sich ohne alle Schwierigkeit ganz vortrefflich dieselbe Flüssigkeit, die man zur Titrirung des Harnstoffes benutzt; wäre sie durch Ueberschuss von viel Aetzbaryt stark alkalisch, so neutralisirt man zuerst durch ein Paar Tropfen verdünnter Salpetersäure; der in der Lösung enthaltene überschüssige Baryt verbraucht das zuerst zugesetzte chromsaure Kali und giebt einen reichlichen hellgelben Niederschlag von chromsaurem Baryt; aber dessen Anwesenheit stört die Titrirung durchaus gar nicht; man muss nur genug chromsaures Kali zusetzen, so dass beim Zulassen des Silbernitrates an der Einfallsstelle deutlich die braunrothe Farbe des Silberchromates auftritt; sollte sich da diese Farbe nicht zeigen, so muss man noch etwas mehr Kalichromat zusetzen.

Die Bestimmung des Zuckers führten wir in folgender Weise aus: 200 CC. Harn wurden mit ein Paar Tropfen Salzsäure angesäuert, dann mit 800 CC. Alkohol (92° Tralles) versetzt, nach 4 Stunden filtrirt, darauf mit alkoholischer Aetzkalilösung kräftig alkalisch gemacht und nach 24stündigem Stehen filtrirt. Nach dem Abdunsten des Alkohols aus der Flasche, die den Hauptabsatz fest haftend enthält, und aus dem Filter wurde der Inhalt beider mit wenigem siedenden Wasser übergossen und filtrirt; durch Nachspülen von Flasche und Filter mit siedendem Wasser wurde diese Lösung auf 100 CC. gebracht.

Diese Lösung wurde mit so viel Fehling'scher Lösung zum Kochen erhitzt, dass die Flüssigkeit durch überschüssiges

Kupfersalz stets stark blau gefärbt blieb; das gefällte Kupferoxydul liess sich auf einem kleinen Filter rasch sammeln und durch siedendes Wasser leicht rein auswaschen; es wurde dann auf dem Filter mit einer sauren Lösung von Eisenchlorid übergossen, die frei von Eisenchlorür war. Nach erfolgter Lösung wurde das Filter mit heissem Wasser ausgewaschen. Diese Lösung enthielt das vorher gefällte Kupferoxydul als Kupferchlorid; eine dem vorhandenen Kupferoxydul proportionale Menge von Eisenchlorid ist nun zu Eisenchlorür reducirt und diese Menge von Eisenchlorür ist durch Titrirung mit übermangansaurem Kali oder sogenanntem Chamäleon leicht zu ermitteln.

Von der hier gebrauchten schwachen Chamäleon-Lösung forderten 100 Milligr. reines Eisen, wenn als Chlorür gelöst, 21,1 CC. Chamäleon.

100 Mgr. Eisen entsprechen 127,5 Mgr. Kupferoxydul, indem beide gleichviel Chamäleon-Lösung zu entfärben vermögen.

Da nun durch 100 Milligr. getrockneten Traubenzucker ($C_{12}H_{12}O_{12}$) beim Kochen mit genügender (oder überschüssiger) Fehling'scher Lösung 188,48 Mgr. Kupferoxydul gefällt wird, dem nach obigem also 328,5 CC. Chamäleon entsprechen, so ergiebt sich hieraus, dass jeder CC. vom obigen Chamäleon, der von der oben erhaltenen Eisenchlorürlösung entfärbt wird, auf 3,0444 Mgr. ursprünglich vorhanden gewesenen Traubenzucker ($C_{12}H_{12}O_{12}$) hindeutet.

Es zeigte sich, dass auf diese Weise die kleinen Mengen von Zucker leichter und genauer bestimmt werden konnten, als auf andere Weise; zumal für den Zweck solcher fortlaufender comparativer Versuche, bei denen es viel weniger auf die absoluten Mengen, als auf die relativen Grössen ankommt; blickt man nun auf die folgenden Zahlen, die angeben, wieviel CC. Chamäleon für je 200 CC. Harn (d. h. den daraus abgeschiedenen Zucker und das diesem entsprechende Kupferoxydul und Eisenchlorür) verbraucht wurde, so zeigt sich, dass ein halber, ja selbst ein ganzer CC. Chamäleon-Lösung, mehr oder weniger verbraucht, das Resultat nicht wesentlich ändert: es wurde verbraucht für die aus 200 CC. Harn erhaltene Lösung:

vom	15—16.	Mai:	14,5	CC.	Chamäleon	=	44,1	Mgr. $C_{12}H_{12}O_{12}$
„	16—17.	„	25,2	„	„	=	76,7	„ —
„	17—18.	„	0	„	„	=	0	„ —
„	18—19.	„	18,1	„	„	=	55,1	„ —
„	19—20.	„	29,7	„	„	=	90,4	„ —
„	20—21.	„	46	„	„	=	140	„ —

Für ähnliche comparative Bestimmungen kleiner Mengen von Zucker glaube ich diese Bestimmungsweise desselben sehr empfehlen zu können.

Wie das auffallende Verschwinden des Zuckers am dritten Tage, wo noch kein Chondrin genossen war, mit anderen auffallenden Aenderungen in Beschaffenheit, Menge und Zusammensetzung des Harns zusammenfällt, zeigt die folgende General-Uebersicht:

Mai	Specif. Gewicht	Im Ganzen in 24 Stund. CC.	Harnstoff Gr.	Chlor Gr.	Zucker Gr.
15—16.	1025	1200	36,84	7,02	0,265
16—17.	1025	1030	33,68	7,91	0,407
17—18.	1027	865	32,00	5,23	0!
18—19.	1026,5	1145	41,11	7,44	0,315
19—20.	1027	1125	40,91	8,83	0,509
20—21.	1026	1210	41,58	9,50	0,847

Während der 6 Tage war der Harn, wie sonst, sauer; am dritten Tage (17—18.) trat eine unerklärte Trübung im Harn nach einigen Stunden ein, die weder von Harnsäure oder harnsauren Salzen, noch von Erdphosphaten oder Carbonaten herrühren konnte; denn weder verdünnte Salzsäure, noch verdünntes Aetznatron hatte merklichen Einfluss auf die äusserst feinen amorphen Theilchen; beim Schütteln mit Aether schien auch keine Auflösung zu erfolgen; dagegen schien nach dem Zusatz von etwas Salzsäure das Schütteln mit Aether die Trübung zu vermindern, wonach man fast vermuthen könnte, dass diese merkwürdige Trübung durch Spuren von fettsaurer Magnesia oder von einer Kalkseife gebildet wären.

Sehr bemerkenswerth ist das vollständige Fehlen des Zuckers an diesem Tage, während sich sonst stets etwas Zucker nachweisen liess. Sollte sich etwa an diesem Tage aus dem Zucker des Harns während des kurzen Stehens in einem kühlen Raume die Substanz erst gebildet haben, welche jene Trübung veranlasste? Ich habe nie Gelegenheit gehabt, eine ähnliche Erscheinung zu beobachten.

Die Betheiligung des vom 4. bis zum 6. genossenen Chondrin-Gelé's im Stoffwechsel spricht sich in jenen obigen Zahlen unverkennbar in doppelter Weise aus:

1) Während die Ausscheidung des Harnstoffes ohne Chondrin-Genuss im Durchschnitt täglich 34 Gr. betrug, stieg sie

bei Zusatz von 36 Gr. Chondrin zu der sonst gleichen Nahrung auf 41 Gr. Harnstoff in 24 Stunden.

2) Die ohne Chondrin-Genuss etwa 300 Mgr. betragende Zuckerausscheidung stieg bei gleichzeitigem Chondrin-Genuss am 2. Tage fast auf das Doppelte, am 3. Tage fast auf das Dreifache.

Hat nun das genossene Chondrin die Umsetzung des wie gewöhnlich in der Leber gebildeten Zuckers verhindert, so dass von diesem mehr als gewöhnlich durch die Nieren ausgeschieden wurde? Oder sollte das eingeführte Chondrin in der Leber die Zuckerbildung gesteigert haben (NB. ohne aus sich Zucker zu liefern)? Oder wird das Chondrin im Organismus, wie beim Kochen mit Säuren, in Zucker und stickstoffhaltige Stoffe gespalten, von denen dann durch Oxydation der letzteren die vermehrte Ausscheidung von Harnstoff herstammt, während von dem gebildeten Zucker mehr oder weniger durch die Nieren ausgeschieden wird?

Ich muss mich zur letzteren Ansicht bekennen, wenn ich auch zugleich zugeben muss, dass sich darüber sehr viel streiten und sehr wenig beweisen lässt: nur die Thatsache haben wir bewiesen, dass die Ausscheidung von Zucker durch den Harn gesteigert wird durch reichlichen Genuss von Chondrin.

II. Nachweisung des Inosit.

Von **Dr. L. Cooper Lane** aus San Francisco, Cal.

Dr. W. Müller stellte den Inosit aus dem Gehirn von Menschen, wie von Thieren, auf die Weise dar*), dass er das Gehirn mit Wasser zu einer Milch zerrieb, dann essigsaures Bleioxyd zusetzte, bis sich die Milch in eine obere klare blutrothe Schicht und eine untere Lage, den Gehirnbrei enthaltend, schied. Diese Mischung wurde dann 12 bis 18 Stunden der Ruhe überlassen.

Zweifelte ich auch nicht daran, dass der Inosit wirklich bereits im Gehirn während des Lebens enthalten war, so wollte ich doch durch Vermeidung des langen Stehenlassens dem Einwurfe vorbeugen, dass gleich wie sich z. B. die Säure des Muskels erst nach dem Tode hauptsächlich bildet, dass so etwa auch der Inosit als ein Product des beginnenden Zerfallens nach dem Tode angesehen werden dürfte. Bei der

*) Annal. d. Chem. u. Pharm. v. Wöhler, Liebig u. Kopp. CIII. 137.

ausserordentlich rasch im Gehirn eintretenden Zersetzung*) wäre solch eine Annahme ja nicht ganz a priori zu verwerfen.

Ich veranlasste deshalb Dr. Lane zur Wiederholung dieser Untersuchung: Ein Ochsenhirn wurde, unmittelbar nachdem das Thier getödtet war, noch warm zwischen den Händen zerdrückt und in wenigen Minuten leicht ohne Wasser durch ein Haarsieb durchgerieben, dann die härteren Theile mit Wasser abgespült und alles zusammen unter Zusatz von wenig essigsaurem Bleioxyd rasch zum Kochen erhitzt. Man erhält so vor Ablauf einer halben Stunde ein leicht auszupressendes Gerinnsel und eine fast wasserhelle, ganz klare, leicht filtrirbare Flüssigkeit, bei der nun keine Gährung oder Zersetzung mehr zu befürchten ist während der Bearbeitung.

Handelte sich's nur um Nachweisung des Inosit, so brauchte man nur das in der Lösung vorhandene Blei mit Schwefelwasserstoff zu fällen, das Filtrat auf dem Wasserbade bis zur beginnenden Verdickung der Flüssigkeit zu verdampfen und dann Alkohol bis zur bleibenden milchigen Trübung zuzusetzen; man erhitzt dies Gemisch noch ein Mal bis zum Kochen und lässt es 12 Stunden stehen; man findet dann zwischen den Gerinnseln einer zähen leimartigen Substanz die farblosen Krystallgruppen von prismatischen Inosit-Krystallen.

Reiner erhält man ihn allerdings, wenn man, statt obige Lösung direct zu verdampfen, zuerst den Inosit aus derselben fällt durch basisch-essigsaures Bleioxyd und diesen abfiltrirten Niederschlag nach kurzem Auswaschen in Wasser aufschlämmt und mit Schwefelwasserstoff zersetzt. Verdampft man nun die vom Schwefelblei abfiltrirte Inosit-Lösung, so erhält man bei richtigem Zusatz von Alkohol viel reinere Inosit-Krystalle.

Wir beobachteten hierbei, dass bei reichlichem Zusatz von Alkohol der Inosit gänzlich in Lösung bleiben kann, selbst nach 12stündigem Stehen in der Winterkälte. Als wir nun aber der klaren alkoholischen Lösung etwas Aether zusetzten, trübte sich die Flüssigkeit milchig und erfüllte sich nach ein Paar Stunden mit flimmernden Krystallblättchen, die in der

---

*) Wie selbst Uebergiessen mit 80% Alkohol die im Innern des Gehirns einmal begonnene Zersetzung nicht zu sistiren vermag, dafür mag Folgendes als Beleg hier angeführt sein: Ein Gehirn, 12 Stunden nach dem Tode gröblich in Stücke zerschnitten, wurde in einer starken Liter-Flasche mit Alkohol übergossen und fest verkorkt bei Seite gestellt. Als nach 24 Stunden der Schrank geöffnet wurde, worin die Flasche verschlossen gestanden hatte, zeigte sich, dass in Folge von starker Gasentwickelung, die ich auch bei anderen Gelegenheiten beobachten konnte, die fest verschlossene Flasche zersprengt war. Boedeker.

Flüssigkeit, wie nach dem Abfiltriren und Trocknen, dem Cholestearin an schönem Perlmutterglanz nichts nachgaben. Sie erwiesen sich als reiner Inosit.

Was die von Scheerer entdeckte schöne Nachweisung des Inosits betrifft, nämlich das Verdampfen der Flüssigkeit, worin man Inosit erkennen will, mit Salpetersäure, darauf Betupfen mit Ammoniak und Chlorcalcium und wieder Verdampfen, so ist hierbei der Zusatz von Ammoniak ganz zu entbehren, ja in vielen Fällen fand ich, dass Zusatz von Ammoniak durch braune Färbung die Erkennung von Inosit neben anderen Stoffen hinderte, während beim Weglassen des Ammoniaks die schöne zarte rosenrothe Färbung deutlich hervortrat. Man muss nur — zumal wenn man die Probe in Porzellan-Schalen ausführt — das Erhitzen der eingetrockneten Probe nicht zu früh einstellen, sondern allmählich bis zum Grau- oder Schwarzwerden fortsetzen, wenn die Färbung nicht eher eintreten will.

Der Inosit fand sich sowohl im Ochsenhirn, als in dem von Schweinen; auch im Pankreas von Ochsen; ein Viertel einer Ochsenlunge genügte, um daraus den Inosit darzustellen. Das Taurin wurde im wässerigen Auszuge der Lunge ebenfalls leicht gefunden in der Flüssigkeit, die nach dem Ausfällen mit neutralem und basisch-essigsaurem Bleioxyd übrig blieb.

III. Die Zusammensetzung der Frauenmilch.

Bei den so weit schwankenden Angaben über die Zusammensetzung der Frauenmilch mag hier das folgende Resultat der Untersuchung von normaler Frauenmilch, 14 Tage nach der Geburt, noch seinen Platz finden.

Das specif. Gewicht war = 1,033.

1) a. 10 CC. hinterliessen bei 110° C. getrocknet 1,136 Gr. feste Stoffe.
   b. 10 „ „ „ 110° „ „ 1,157 „ „ „

   10 CC. enthalten hiernach im Mittel: 1,146 Gr. feste Stoffe.

2) 20 CC. Milch gaben 0,065 Gr. Asche; also 100 CC. = 0,325 Asche.

3) Die Asche aus 20 CC. Milch lieferte 0,024 Gr. kohlensauren Kalk; wonach 100 CC. Milch 0,067 Gr. Kalk enthalten.

4) 40 CC. Milch mit schwefelsaurem Kalk eingetrocknet, darauf mit Aether erschöpft, lieferte nach dem Abdestilliren des Aethers und Trocknen bei 100° C. 1,240 Gr. Fett. In 100 CC. Milch beträgt also das Fett 3,1 Gr.

5) Zur Bestimmung des Milchzuckers wurden 10 CC. Milch mit 100 CC. Wasser verdünnt und mit so wenig als möglich Essigsäure versetzt, so dass beim Kochen die Proteinstoffe vollständig coagulirten; das Gerinnsel wurde abfiltrirt und ausgewaschen, bis das gesammte Filtrat 500 CC. betrug.

Durch wiederholte Proben ergab sich, dass 56,5 CC. von diesem Filtrat erforderlich waren, um beim Kochen mit 10 CC. Fehling'scher Lösung ein farbloses Filtrat zu liefern, welches weder Zucker noch Kupfer enthielt.

Die Fehling'sche Lösung war von der gewöhnlichen Stärke; sie enthielt in jedem CC. 11 Mgr. Kupferoxyd und bedurfte 7,3 Mgr. Milchzucker ($C_{12}H_{12}O_{12}$) zur völligen Ausfällung dieses Kupfergehaltes.

Demnach enthielten 56,5 CC. der obigen verdünnten Molken oder 1,13 CC. Milch $10 \times 7{,}3 = 73$ Mgr. Milchzucker; also waren in 100 CC. Milch 6,46 Gr. Milchzucker ($C_{12}H_{12}O_{12}$).

Man hat bisher bei der Bestimmung meist nicht darauf Rücksicht genommen, dass der Milchzucker beim Austrocknen der festen Stoffe bei 100° C. 1 Aeq. Wasser verliert; der krystallisirte Milchzucker, als $C_{12}H_{12}O_{12}$ gesetzt, ist nach dem Trocknen bei 100° C. = $C_{12}H_{11}O_{11}$. Auf das Aequivalent-Gewicht berechnet ergiebt sich danach, dass je 180 Gr. krystallisirter Milchzucker beim Trocknen 9 Gr. Wasser, also $^1/_{20}$ seines Gewichts verlieren und nur noch 171 Gr. getr. Milchzucker hinterlassen.

Wenn also 100 CC. Milch 6,46 Gr. Milchzucker ($C_{12}H_{12}O_{12}$) in Lösung enthalten, so wird dieser im getrockneten Milchrückstande nur noch 6,14 Gr. $C_{12}H_{11}O_{11}$ betragen.

6) Zieht man von dem Gesammtrückstande der festen Stoffe die Summe der unorganischen Stoffe, des Fettes und des getr. Milchzuckers ab, so ergiebt sich aus der Differenz die Summe der Proteinstoffe und der Extractivstoffe.

100 CC. der Frauenmilch enthielten:

11,46 Gr. feste Stoffe

3,10 Gr. Fett
0,32 Gr. unorganische Stoffe, worin 0,067 Gr. Kalk
6,14 Gr. getrockn. Milchzucker = 6,46 Gr. kryst. Zucker
1,90 Gr. Proteinstoffe (Casein) und Extractivstoffe.

Mit diesen Resultaten stimmen einige frühere Angaben mehr oder weniger nahe überein, während andere weit davon abweichen. 1000 Theile Frauenmilch enthalten:

	nach obiger Analyse	nach Griffith	nach Doyère	nach Simon	nach Henry u. Chevallier
Wasser . .	882,2	875,00	873,8	861,0—914,0	879,5
Milchzucker	64,6	61,76	70,0	39,2— 62,4	65,0
Fett . . .	31,0	25,41	38,0	8,0— 54,0	35,5
Proteinstoffe	19,0	12,68	16,4	19,6— 45,0	15,2
Salze. . .	3,2	1,55	1,8	1,6— 2,7	4,5

Vergleicht man hiermit die Zusammensetzung der Kuhmilch, so zeigt sich unverkennbar ein wesentlicher Unterschied im grösseren Reichthum an Milchzucker und zugleich im geringeren Gehalte an Proteinstoffen bei der Frauenmilch, was in diätetischer Beziehung wohl in Betracht gezogen zu werden verdiente, wenn dem Säugling statt der Muttermilch Kuhmilch gereicht wird. Fasst man dabei die von F. Hoppe bestimmte Zusammensetzung der Sahne von Kuhmilch in's Auge, so ergiebt sich, dass man eine der Frauenmilch ziemlich gleich zusammengesetzte Mischung erhält (d. h. rücksichtlich des Verhältnisses von Milchzucker, Fett und Proteinstoffen,) durch Mischung von

200 CC. Kuhmilch
50 „ Sahne
150 „ Wasser
15 Gr. Milchzucker

oder, was auch nur wenig abweicht von obigen Zahlen:

8 Unzen Kuhmilch
2 „ Sahne
6 „ Wasser
$^1/_2$ „ Milchzucker.

Das häufig gebräuchliche blosse Verdünnen mit Wasser ist zwar gewiss für schwächliche Verdauungsorgane einerseits ganz zweckmässig, insofern auf diese Weise die zu grosse Concentration der Caseinlösung in der Milch beseitigt wird; aber andererseits wird dadurch der Gehalt an Zucker und Fett zu gering, und deshalb ist der gleichzeitige Zusatz von Sahne und Milchzucker gewiss vortheilhaft.

IV. Ein Beitrag zur Kenntniss des Stoffwechsels im gesunden Körper.

In folgender Uebersicht theile ich die Resultate mit, die sich für die Zeit von 24 Stunden für die Ausscheidungs-Grösse der genannten Stoffe im Harn bei 9 gesunden jungen

Männern ergaben. Indem diese Bestimmungen nur einen Tag umfassen, haben sie allerdings nur eine beschränkte Bedeutung und nicht den Werth, den eine fortlaufende Reihe von Bestimmungen darbietet; nichtsdestoweniger bieten sie einen Ueberblick, wie weit bei ziemlich gleichalterigen, ziemlich gleich starken gesunden Männern bei gewohnter Lebensweise die Ausscheidungs-Grösse schwankt. Recht deutlich tritt uns daraus aber wieder entgegen, welche verkehrte Anschauung vom Umfange der Ausscheidungs-Grösse der einzelnen Stoffe die leider immer noch zu häufig beachtete procentische Zusammensetzung des Harns geben wird, wenn man nicht die 24stündige Gesammtmenge in Betracht zieht. Dass die gesammte Menge von 24 Stunden in den folgenden Fällen mit Sorgfalt vollständig gesammelt wurde, ist hier als gesichert anzunehmen.

	I	II	III a	III b.	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Specifisches Gewicht	1023	1019	1023,5	1025	1019	1015,5	1024	1015,5	1023	1017
Gesammtmenge	1430	2160	1150	615	1600	1370	1030	1380	1050	1150
Harnstoff . .	38,9	38,1	35,3	33,0	31,4	30,2	28,1	23,8	22,4	20,3
Harnsäure . .	1,3	0,6	0,5	1,2	0,7	0,3	1,4	?	0,4	0,3
Schwefelsäure	1,9	4,4	4,1	1,9	2,9	2,6	2,6	2,3	2,3	1,3
Phosphorsäure	4,0	3,2	2,3	2,0	2,8	3,2	2,3	2,9	2,9	1,8
Chlor . . .	6,3	12,6	6,0	4,7	11,6	5,8	8,2	6,9	9,7	6,9
Kalk . . .	0,4	0,2	0,6	0,2	0,5	0,2	0,3	0,3	0,3	0,2
Magnesia . .						0,2	0,2			0,1
Fester Rückstand	65,8	76,7	60,1			56,8	46,8 (?)		52,8	38,8

Die Gesammtmenge von 24 Stunden ist in Cubic-Centimetern angegeben, die übrigen Stoffe in Grammen für jenen Zeitraum.

Mit starker Ausscheidung von Harnstoff sehen wir meistens auch eine entsprechend hohe Zahl für die Phosphorsäure verknüpft.

Die Bestimmung des festen Rückstandes ist bekanntlich sehr schwierig; bei zu langsamer Austrocknung zersetzt sich Harnstoff und es findet durch Entweichen von kohlensaurem Ammoniak Verlust statt; steigert man die Wärme beim Austrocknen nur bis 100^0, so riskirt man wieder Harnstoff zu verlieren. Ich lege deshalb auf jene gefundenen Zahlen keinen so grossen Werth.

Dagegen kann den übrigen Bestimmungen kein wesentlicher Fehler anhaften. Der Harnstoff wurde nach Liebig's Methode titrirt; die Harnsäure nach der alten (freilich schlechten) Methode mit Salzsäure aus 200 CC. gefällt und gewogen; die Schwefelsäure wurde mit einer titrirten Lösung von Chlorbarium auf die Weise bestimmt, dass ermittelt wurde, wieviel Chlorbarium dem mit Salzsäure angesäuerten Harn zugesetzt werden konnte, ohne dass das Filtrat weder durch Chlorbarium noch durch Schwefelsäure getrübt wurde.

Kalk und Magnesia wurden durch Wägung in gewöhnlicher Weise bestimmt. Chlor lässt sich, wie schon oben erwähnt, mit aller wünschenswerthen Schnelligkeit und Schärfe mit Silbernitrat und chromsauren Kali titriren, wenn man sich des mit der basischen Barytmischung nach Liebig's Angabe gefällten und filtrirten Harns bedient, derselben Flüssigkeit, die zur Titrirung des Harnstoffes dient; nur macht man das alkalische Filtrat vor Zusatz der Silberlösung durch ein Paar Tropfen Essig- oder Salpetersäure neutral; auch muss genug einfach chromsaures Kali zugesetzt werden, so dass die einfliessende Silberlösung an der Einflussstelle die braunrothe Färbung vom chromsauren Silberoxyd deutlich zeigt.

Sehr schön — rasch und scharf — lässt sich auch die Phosphorsäure mit einer Auflösung von salpetersaurem Uranoxyd titriren. Dr. Pincus hat hiefür essigsaures Uranoxyd empfohlen; wegen der leichten Zersetzbarkeit dieses Salzes im Sonnenlicht ziehe ich das beständige salpetersaure Uranoxyd vor, was schon von Leconte (Institut, 1849, 226) zu diesem Zwecke empfohlen wurde. Ich fand das käufliche Uranoxyd, Uranium oxydat. purum, hierzu vollständig anwendbar.

Wenn man Harn zuerst mit Ammoniak stark alkalisch, dann mit Essigsäure stark sauer macht, so entsteht auf Zusatz

einer stark mit Wasser verdünnten Lösung des Uranoxyds in Salpetersäure ein blassgelblicher Niederschlag von phosphorsaurem Uranoxyd, der auf 1 Aequiv. Phosphorsäure, = PO_5, 2 Aequiv. Uranoxyd, 2 Ur_2O_3, enthält. Bringt man mit dem Glasstäbchen einen Tropfen der Mischung auf einer weissen Porzellanfläche mit einem Tröpfchen Kaliumeisencyanür zusammen, so bemerkt man da, wo die beiden Tropfen mit einander in Berührung kommen, so lange keine Färbung, als noch kein Ueberschuss von Uranlösung zugesetzt ist; denn das gebildete phosphorsaure Uranoxyd wird von Kaliumeisencyanür unter diesen Verhältnissen nicht zersetzt; sobald aber alle Phosphorsäure an Uranoxyd gebunden ist und man setzt auch nur noch sehr wenig Uranlösung mehr hinzu, so erscheint bei einer neuen Probe eines herausgenommenen Tröpfchens mit Blutlaugensalz auf der Berührungslinie beider Tröpfchen sehr deutlich ein bräunlichrother Streifen von gebildetem Uraneisencyanür; noch weiterer Zusatz von ein Paar Tropfen überschüssiger Uranlösung giebt bei neuer Probe eine intensiv rothbraune Färbung.

Die Bereitung der Lösung ergiebt sich nach obigem folgender Maassen:

P	= 31	Ur_4	= 240
O_5	= 40	O_6	= 48
1 Aeq. PO_5	= 71	2 Aeq. Ur_2O_3	= 288

Will man sich etwa die Uranlösung von der Stärke bereiten, dass der Verbrauch von 1 CC. Lösung 5 Mgr. Phosphorsäure entspricht, so findet sich die Menge von Uranoxyd, die jeder CC. Uranlösung enthalten muss, aus folgender Proportion:

71 : 288 : : 5 : x ; x = 20,2817 Mgr. Uranoxyd.

Man löst nun 20,2817 Gr. Uranoxyd in möglichst weniger und reiner Salpetersäure und füllt mit Wasser auf, bis die Lösung 800 CC. beträgt.

Um nun die Reinheit des angewandten Uranoxyds zu controlliren, bereitet man sich eine Lösung von frisch crystallisirtem, reinem, phosphorsaurem Natron, so stark, dass 1 CC. Lösung 5 Mgr. Phosphorsäure (PO_5) enthält. Eine solche Lösung erhält man aus 5,0422 Gr. des reinen phosphorsauren Natron ($2NaO,1HO.PO_5+24HO$), mit Wasser gelöst und bis auf 200 CC. aufgefüllt. (Man wählt von dem frisch krystallisirten Salze glänzende Krystalle von mässiger Grösse, die man rasch zwischen weichgeriebenem Fliesspapier vor der Wägung reibt und drückt, um alle anhängende Mutterlauge zu ent-

fernen; sie dürfen keine Spur von Verwitterung zeigen.) Wäre das Uranoxyd ganz rein gewesen, so müssten jetzt 4 CC. der Uranlösung beim Mischen mit 5 CC. der Natron-Phosphat-Lösung (die zuerst mit etwas Ammoniak und darauf mit Essigsäure im Ueberschuss versetzt war), gerade genügen, um alle Phosphorsäure zu fällen; wenn 1 Tropfen Uranlösung mehr zugesetzt würde, müsste Kaliumeisencyanür mit einem Probetropfen durch Bräunung einen kleinen Ueberschuss von Uran angeben; meistens wird man aber noch etwas mehr Uran zusetzen müssen, ehe die Reaction eintritt. Man wiederholt die Prüfung dann noch ein Mal mit einer grösseren Menge, um die Stärke der Uranlösung festzustellen.

Gesetzt nun man hätte auf 20 CC. Natron-Phosphat-Lösung, worin 100 Mgr. PO_5, 18,5 CC. Uranlösung zusetzen können, ohne dass Kaliumeisencyanür eine Färbung gezeigt hätte, beim nächsten Zusatz von etwas Uranlösung wäre diese eingetreten, so hat man also zu je 18,5 CC. Uranlösung noch 1,5 CC. Wasser zuzusetzen, um so eine Uranlösung zu erhalten, von der 1 CC. 5 Mgr. Phosphorsäure entspricht.

Man braucht nun nur 10 CC. Harn ohne Weiteres in einem Bechergläschen mit etwas Ammoniak und überschüssiger Essigsäure zu mischen; auf eine weisse Porzellanfläche tupft man eine Reihe Tröpfchen von Kaliumeisencyanür und lässt allmählich Uranlösung zu der Mischung unter fleissigem Umrühren zutropfen. Man wird zwischen 3 und 5 CC. Uranlösung verbrauchen. Nachdem man so durch die erste Probe annähernd die erforderliche Menge bestimmt hat, kann man leicht mit der fünffachen Menge Harn die Probe wiederholen und die Quantität der Phosphorsäure sehr genau feststellen.

Enthielte der Harn Eiweiss, so wäre dies vorher in bekannter Weise zu entfernen. Dass dieselbe Bestimmungsweise der Phosphorsäure bei der Analyse von Knochen, Concretionen aus Erdphosphaten u. dergl. mit Vortheil angewandt werden kann, ergiebt sich aus obigem von selbst; wo aber in Essigsäure unlösliche Phosphate hinzukommen, z. B. von Eisenoxyd, Thonerde, da kann dieselbe nicht direct zur Anwendung kommen.

Was endlich die Quantität der täglich von gesunden Menschen ausgeschiedenen Hippursäure beträgt, so ist diese jedenfalls viel bedeutender, als die der gleichzeitig ausgeschiedenen Harnsäure. Wie schon Dr. Weismann angegeben hat, man braucht nur frischen Harn auf dem Wasserbade rasch zur dicklichen Consistenz zu verdampfen, wobei man sehr zweckmässig eine reichliche Menge grob zerstossene reine Glas-

scherben zusetzt, den rückständigen Schlamm säuert man mit einigen Tropfen Salzsäure an und schüttelt wiederholt in einem Glase mit reinem Aether; man destillirt den Aether ab und giesst den noch flüssigen Rückstand aus der Flasche in ein Uhrschälchen; nach einiger Zeit erhält man eine reichliche Krystallisation von Hippursäure, die sich nach einer der bekannten Methoden leicht von den anhängenden Unreinigkeiten befreien lässt.

Wenn die Quantität der von Gesunden in 24 Stunden ausgeschiedenen Harnsäure 0,5—1 Gr. beträgt, so beträgt die gleichzeitig ausgeschiedene Hippursäure mindestens 1—2 Gr.

V. Zucker und Albumin im menschlichen Harn bei Hydrophobie.

Am 23. Januar 1859 Mittags 1 Uhr wurde der Ackermann F. Elend aus Mengershausen bei Göttingen, 37 Jahre alt, von einem Hunde auf den Rücken der linken Hand gebissen. Am folgenden Tage wurde der Hund als toll erkannt und erschossen. Den nämlichen Tag Abends 8 Uhr wurden im hiesigen Hospitale die fünf kleinen Bisswunden mit Kali causticum geätzt und 9 Wochen hindurch durch eine spanische Fliege offen gehalten. Seit October 1859 will Patient eine stärkere Speichelabsonderung gehabt haben; im Uebrigen vollkommen wohl.

Am 16. Januar 1860 ist die Narbe und deren Umgebung etwas geschwollen und schmerzhaft. Am 17. Januar, einem nassen und kalten Tage, arbeitet E. in einem Steinbruche, wo ihn ein anderer Arbeiter daran erinnert, dass der nächst folgende Sonntag der Jahrestag sei, wo er von einem tollen Hunde gebissen sei. Abends 9 Uhr wiederholtes Frösteln, Zusammenfahren, Herzklopfen, Beängstigung. Wie er nach dem Wasser greift, empfindet er Scheu vor demselben, sagt seiner Frau, er bekäme Hundswuth und müsse bald sterben.

Am 18. Jan. erhält er stündlich $^1/_4$ Gr. Extr. belladonnae. Fortwährend grosse Angst; dargereichtes Wasser weist er unter Zittern und Aufschreien zurück; er klagt über Unvermögen zu schlucken, isst aber Brod mit Appetit und schluckt es ganz gut; Löffel voll Caffee nimmt er, so lange er nicht den Spiegel der Flüssigkeit sieht, schaudert aber zurück, sobald er ihn erblickt. Verdeckt gereichtes Wasser verschluckt er gut. Die Dosis von Extr. bellad. wird verdoppelt. Kurzer ruhiger Schlaf, dann die alten Erscheinungen gesteigert.

Am 19. Januar lässt sich Patient nach Göttingen fahren, zur Aufnahme in das Ernst-August-Hospital. Beim Fahren über eine Brücke, wo Patient das Wasser erblickt, schreit er laut auf, bekommt Zuckungen, was sich bei einer zweiten Brücke noch heftiger wiederholt. Nach der Aufnahme, 12 Uhr Mittags: Puls 88, voll, regelmässig, klare Besinnung; andauernde Schlingbeschwerden. 2 Uhr: Puls 100, heftiges Aufschreien, starker Schweiss; öfteres Hervorstrecken der Zunge. $3^1/_2$ Uhr: Puls 120; heftiges Schlagen mit Händen und Füssen. 4 Uhr: Erstickungsanfälle und wiederholte Pollutionen; heftiges Toben und Versuche um sich zu beissen. $5^1/_4$ Uhr: Patient verlangt zu essen und zu trinken; er nimmt Brod und Wein, auch Wasser, was er nicht sieht. Puls 120. Fortgesetzt heftige Pollutionen. $5^1/_2$ Uhr: Patient wird plötzlich blau im Gesicht und stirbt. 7 Uhr: vollkommene Todtenstarre.

Die Section am 21. Januar $10^1/_4$ Uhr zeigte Folgendes:

Schleimhaut des Kehlkopfes, der Trachea, der Bronchien geröthet. Am Kehlkopf an verschiedenen Stellen kleine Ecchymosen. Linke Lunge etwas adhärent, sehr blutreich, lufthaltig; ihre Spitze stark venös hyperämisch. Am oberen Lappen der rechten Lunge eine pleuritische Verdickung, mässig ödematös. Im Pericardium viel Flüssigkeit. Das Herz gross, fettarm. Im rechten Vorhof schwarze Gerinnsel, in den Jugular-Venen schmierig-flüssiges Blut.

Keine Bläschen unter der Zunge; Tonsille geröthet; Oesophagus zeigt Epithelialverdickungen auf der Schleimhaut (beginnende Diphteritis), violett injicirt. Milz sehr schlaff, blass; Oberfläche etwas rauh. Leber gross normal; Gallengänge weit. Pfortader enthält schwarzes Gerinnsel. Die Nieren sehr dunkel durch venöse Hyperämie. Im Magen erbsengrosse geröthete Vertiefungen.

Auch die Untersuchung des Gehirns ergiebt fast nichts Besonderes. Von diesem ausgeprägten und merkwürdigen Falle erhielt ich erst am letzten Tage etwas Harn zur Untersuchung; nach der Section anderthalb Unzen Blut, dem Herzen entnommen, und die Leber zur Untersuchung.

Was die kleine Menge von Blut betrifft, so war davon natürlich nicht viel zu erwarten. Dasselbe wurde unter Zusatz von möglichst wenig Essigsäure coagulirt, filtrirt und concentrirt; der durch Verdampfen auf dem Wasserbade erhaltene Rückstand wurde mit Alkohol erschöpft; nach dessen Verdunsten war weder Leucin noch Zucker im Rückstande zu erkennen, von Harnstoff eine erkennbare Spur; sonst weder

im Alkohol-Extract, noch im Rückstande etwas Bemerkenswerthes.

Die Leber wurde rasch mit Wasser ausgekocht; aus dem Auszuge wurde etwas Leucin, kein Tyrosin, reichliche Mengen von Zucker erhalten, und nie gelang die Abscheidung reichlicher Mengen von rein weissem Glycogen aus menschlicher Leber so leicht und schnell wie hier; freilich war auch diese Leber noch frischer, als gewöhnlich benutzte, und ich will deshalb nicht bestimmt behaupten, dass die Menge des Glycogens hier abnorm gross war.

Zur Untersuchung des Harns stand mir nur eine mässige Quantität von 300 CC. zur Disposition, herstammend aus den Nachmittagsstunden vom 19. Januar, also wenige Stunden vor dem Tode.

Der Harn war tief goldgelb; wie gewöhnlich schwach sauer, klar; vom specif. Gewicht = 1026. Schon für sich gekocht schieden sich Albuminflocken ab; ebenso fällte Salpetersäure, selbst Essigsäure mit Blutlaugensalz deutlich Albumin.

100 CC. Harn wurden zur Prüfung auf Leucin, Tyrosin, Allantoin u. dgl. mit basisch-essigsaurem Bleioxyd ausgefällt, filtrirt und durch Schwefelwasserstoff vom überschüssig zugesetzten Blei befreit, filtrirt und dann auf dem Wasserbade verdunstet. Es liess sich aber keine Spur der oben genannten Stoffe entdecken.

Harnstoff, so wie die gewöhnlichen Salze, waren der Schätzung nach in gewöhnlicher Menge vorhanden; ihre quantitative Bestimmung hätte keine erhebliche Bedeutung gehabt, da die gegebene Harnmenge nur einem kleinen unbestimmten Abschnitte des Tages entsprach.

Die directe Prüfung des Harns auf Zucker mit alkalischer Kupferoxyd-Lösung zeigte schon ziemlich deutlich einen Zuckergehalt; besser noch gab das Kochen mit einem Tropfen Wismuth-Nitrat und überschüssigem Aetznatron durch die eintretende grauschwarze Färbung des vorher weissen Wismuthoxyd-Hydrates (Reduction von schwarzem metallischen Wismuthpulver) Anwesenheit von Zucker zu erkennen.

100 CC. Harn wurden nach Brücke's schöner Probe mit 400 CC. Alkohol und einigen Tropfen Salzsäure (deren Zusatz zur Abscheidung der Harnsäure ich früher in dieser Zeitschrift als sehr zweckmässig bewiesen habe), versetzt und nach 4 Stunden filtrirt. Das Filtrat wurde mit alkoholischer Aetzkalilösung stark alkalisch gemacht; die entstehende milchweisse Trübung hatte nach 12 Stunden den Boden der Flasche mit einem firnissartigen und einem krystallinischen Ueberzuge

bekleidet. Nach vollständiger Entfernung des überstehenden Alkohols wurde der Absatz in möglichst wenig heissem Wasser gelöst, wobei einige Flocken von Erdphosphaten ungelöst zurückblieben. Wenige Tropfen dieser Lösung zeigten sowohl bei der Heller'schen Probe (gelbe bis braune Färbung der farblosen Flüssigkeit beim Kochen mit Aetznatron), wie bei der Fehling'schen und Böttcher'schen Probe (Reduction von schwarzem Wismuthpulver beim Kochen mit überschüssigem Aetznatron und einem Tropfen Wismuth-Nitrat-Lösung) die deutlichste Reaction auf Zucker.

Die Hauptmenge dieser Lösung des erhaltenen Kali-Sacharates wurde mit etwas Weinsäure im Ueberschuss versetzt, um die Hauptmenge des Kali's als Weinstein abzuscheiden; die abfiltrirte saure Lösung wurde mit etwas kohlensaurem Kalk digerirt und vom abgeschiedenen weinsauren Kalk abfiltrirt. Als dies Filtrat nun mit Hefe bei 40 ° C. hingestellt wurde, trat nach einer Stunde eine so lebhafte Gährung ein, dass das vorgeschlagene Kalkwasser rasch milchweiss getrübt wurde. Am folgenden Morgen konnte durch Destillation der gegohrenen Flüssigkeit der Alkohol abgeschieden und leicht erkannt werden. Eine andere Portion derselben Hefe, mit Wasser hingestellt, zeigte keine Spur von Gährung; die angewandte Presshefe war also frei von Zucker.

Liess sich nun auch der Zuckergehalt dieses Harns mit dem des Diabetischen nicht entfernt gleichstellen, so war hier doch sicherlich mindestens zehn Mal so viel Zucker, als man sonst wohl bei gesunden Individuen in einer gleich grossen Menge Harn findet.

Beiträge zur Kenntniss der Molekularstruktur thierischer Gewebe.

Von

Wilhelm Müller.

Die specielle Anatomie lehrt uns die Zusammensetzung des Thierkörpers aus gewissen Gewebskomplexen, die mikroskopische Anatomie zeigt uns die Zusammensetzung dieser Gewebe aus Zellen und den Intercellularsubstanzen, sie schildert uns deren äussere Form und charakteristische Merkmale und löst sie in gewisse kleinste Gebilde, die sog. Primitivgebilde auf, an welchen mit unseren gewöhnlichen optischen Hülfsmitteln ein weiteres Gefüge nicht mehr wahrgenommen werden kann.

Und doch müssen auch diese Gebilde nach unsrer Atomhypothese wieder zusammengesetzt sein aus unzähligen kleinsten Theilchen oder Molekeln und es ist unsre Aufgabe, einen solchen Bau an den sog. Primitivgebilden zu constatiren, den wir im Gegensatz zu den gröberen Complexen, mit welchen es auch die mikroskopische Anatomie zu thun hat, wohl als den molekularen Bau oder die Molekularstruktur der Gewebe bezeichnen dürfen. Der direkten Wahrnehmung ist hier allerdings kein Spielraum gestattet; desto mehr sind wir darauf angewiesen, durch indirekte Methoden uns Aufschluss zu verschaffen über die etwaigen Eigenschaften dieser kleinsten konstituirenden Theilchen. Ein ausgezeichnetes Hülfsmittel hiezu bietet uns der polarisirte Lichtstrahl, auf dessen Wichtigkeit für die Untersuchung der Gewebe schon Boeck und Erlach aufmerksam gemacht haben und noch in jüngster Zeit haben uns die Untersuchungen Brücke's über den Bau der Muskelfasern aufs schlagendste gezeigt, was sich mit Hülfe dieser Methode erreichen lässt.

Die Aufgabe der nachfolgenden Zeilen ist es, die Resultate einer Untersuchung vorzulegen, welche den Zweck hat,

auf dem von Brücke betretenen Wege auch in die Molekularstruktur der übrigen thierischen Gewebe tiefer einzudringen, als dies bisher geschehen ist. Ich habe mich zu diesem Zweck zunächst an die Gebilde gewendet, welche vorzugsweise als Intercellularsubstanzen im Thierkörper auftreten; es sind diese das elastische Gewebe, ferner die Intercellularsubstanzen des Bindegewebs, Knochens und Knorpels, deren Untersuchung nachstehend folgt. Es genügt, hier vorauszuschicken, dass alle Angaben auf gekreuzte Stellung der beiden Nicols sich beziehen und dass das von oben auf den Objekttisch einfallende Licht, das durch Reflexion sehr störend wirkt, sorgfältig abgehalten wurde.

1. Elastisches Gewebe.

Das elastische Gewebe tritt uns bekanntlich entgegen in Form von feinern und gröberen Fasern, von netzförmig durchbrochenen Membranen, endlich in Form von zusammenhängengenden Platten, wenn wir die sog. Glashäute mit hieher rechnen. Am reichlichsten und reinsten erhält man es in der ersteren Gestalt im Nackenband der Thiere, namentlich der Pferde und Wiederkäuer und wir werden desshalb zunächst diese Form in's Auge fassen, da die übrigen ohnehin in keinem wesentlichen Punkte von ihr abweichen.

Zerzupft man ein Stückchen elastischen Gewebs, das man aus der Mitte des Nackenbandes genommen hat und bringt dasselbe mit Eiweisslösung oder Wasser ins Sehfeld des Polarisationsmikroskops, so wird man an den meisten Stellen bei allen Drehungen des Objekts das Sehfeld dunkel sehen. Nur an einzelnen sehr spärlichen Stellen, und es sind dies nicht selten solche, wo ein Bündel einen mehr gestreckten Verlauf hat, beobachtet man schwaches Doppelbrechungsvermögen in Form einer Erhellung und bläulich-weissen Färbung des Sehfeldes, die beim Drehen des Objekts in 4 Azimuthen verschwindet, dann nämlich, wenn die Längsrichtung der Fasern mit der Schwingungsebene eines der beiden Nicols zusammenfällt. An einigen dieser schwach doppeltbrechenden Stellen gelingt es hie und da, deutliches zwischen die Elemente des Nackenbandes eingeschaltetes Bindegewebe zu beobachten, das hin und wieder einzelne Fettträubchen einschliesst. Setzt man dem Präparat verdünnte Essigsäure zu, so ändert ein Theil der schwach doppeltbrechenden Stellen des Objekts seine Helligkeit nicht, an andern beobachtet man ein Verschwinden der Erhellung und bläulich-weissen Färbung, während man

an mehr isolirten Stellen ein Homogenwerden und eine Verbreiterung der Gebilde constatiren kann. Neutralisirt man die Essigsäure durch Ammoniak, so gelingt es nicht selten, mit dem früheren streifigen Ansehen das Doppelbrechungsvermögen dieser Stellen wieder deutlich zu machen. Wir haben hierin, wie wir weiter unten sehen werden, ein Mittel, eine von Bindegewebeeinlagerung herrührende Doppelbrechung zu erkennen, und es lehrt uns dieses Verhalten, dass ein Theil wenigstens der doppeltbrechenden Stellen des frisch untersuchten Nackenbandes durch die Einlagerung von Bindegewebszügen zwischen die elastischen Elemente bedingt ist.

Untersucht man zerzupfte Stellen des Nackenbandes mit Glycerin, so beobachtet man gleichfalls, dass der weitaus grösste Theil der elastischen Fasern und Faserbündel in allen Azimuthen dunkel bleibt. Nur einzelne Stellen, nicht selten auch hier solche, wo ein mehr gestreckter Verlauf mit wenig Zerfaserung es wahrscheinlich macht, dass hier noch vollkommene Bündel beisammen liegen, zeigen eine Erhellung des Sehfeldes mit bläulich-weisser Färbung, die auch hier verschwindet, wenn bei Drehung des Objects die Faserrichtung parallel wird einer der Schwingungsebenen der beiden Nicols, dagegen am deutlichsten hervortritt, wenn sie mit diesen unter einem Winkel von 45^0 sich kreuzt.

Dieselben Resultate erhält man, wenn man ein getrocknetes Stück Nackenband aufquellen lässt und nach vollständiger Quellung untersucht. Es verhält sich ein solches wie frisch aus der Leiche genommenes elastisches Gewebe; auch hier beobachtet man nur an sehr spärlichen Stellen eine schwache Einwirkung auf polarisirtes Licht. Auch in verschiedenen Richtungen durch ein solches Nackenband geführte schiefe Schnitte ergaben stets dasselbe Resultat.

Dies gestattet uns den Schluss, dass im frischen Zustande und in dünnen Schichten untersucht das elastische Gewebe keine oder nur äusserst schwache doppeltbrechende Eigenschaften besitzt, so dass bei so dünnen Schnitten, wie wir sie bei der geringen Durchsichtigkeit des Gewebes gewöhnlich benützen, eine Verschiedenheit der Elasticitätsaxen nicht wahrgenommen werden kann.

Andere Resultate erhalten wir, wenn wir das elastische Gewebe unter anderen Bedingungen untersuchen.

Lässt man zahlreiche, aus dem frischen oder wieder aufgeweichten Nackenband genommene zerzupfte Faserbündel, welche, frisch untersucht, keine Spur von Doppelbrechung zeigten, auf dem Objectglas eintrocknen und untersucht sie

nun wieder, so wird man jetzt an allen Stellen ein sehr deutliches Doppelbrechungsvermögen wahrnehmen in Form von Erhellung des Sehfeldes, die verschwindet bei paralleler Richtung der Faserzüge mit einer der Schwingungsebenen beider Nicols, am deutlichsten hervortritt bei einer Neigung von 45^0 gegen diese. Ganz ebenso verhalten sich Stückchen elastischen Gewebes, die man vom getrockneten Nackenband abspaltet und ohne weiteren Zusatz, wobei freilich das Object zum grossen Theil undurchsichtig ist, oder mit Glycerin durchtränkt untersucht.

Noch deutlicher tritt das Doppelbrechungsvermögen hervor, wenn man ein Stück Nackenband in starken Weingeist und später in eine Mischung von Alkohol und Aether legt. Dadurch wird dem Gewebe vollständig das Wasser entzogen, es wird sehr zähe und unelastisch. Durch Einlegen in Terpentin kann man ein solches Nackenband in hohem Grade durchsichtig machen. Bringt man nun ein parallel der Faserrichtung geschnittenes Stück unter das Polarisationsmikroskop, so beobachtet man ein sehr ausgesprochenes Doppelbrechungsvermögen, je nach der Dicke des Schnittes sich kund gebend durch eine Erhellung des Sehfeldes oder durch das Auftreten von Interferenzfarben. Auch hier tritt die Erscheinung jedes Mal am deutlichsten hervor, wenn die Faserrichtung mit den Schwingungsebenen eines der Nicols unter einem Winkel von 45^0 sich kreuzt und verschwindet bei parallelem Verlauf beider.

Dies führt uns zu dem Schlusse, dass elastisches Gewebe, welches man eingetrocknet hat oder in welchem man das Wasser durch andere Flüssigkeiten verdrängt, ein deutliches Doppelbrechungsvermögen besitzt. Dem Einwurfe, dass dieses nur von dem durchsetzenden Bindegewebe herrühre, begegnen wir durch die Thatsache, dass weitaus die meisten frisch untersuchten Schnitte keine Doppelbrechung wahrnehmen lassen, die sie sofort beim Trockenwerden erhalten, während, wie wir nachher sehen werden, Bindegewebe, auch frisch untersucht, stark doppelt bricht und sein Doppelbrechungsvermögen im frischen und getrockneten Zustande sich nicht merklich unterscheidet. Wir können ferner an einzelnen Stellen, die, frisch untersucht, schwache Erhellung des Sehfeldes hervorbringen, keine bindegewebigen Elemente auch bei stärkeren Vergrösserungen nachweisen und durch Einwirkung verdünnter Essigsäure keine Verminderung der Erhellung bewirken. Endlich müssten sämmtliche im Nackenband vorhandene Bindegewebefibrillen parallel oder genau senkrecht zur Längsrichtung der elastischen Fasern verlaufen, denn nur

so liesse sich das constante Verschwinden des Doppelbrechungsvermögens in den 4 Azimuthen erklären, in welcher Längsrichtung die Fibrillen und die Schwingungsebenen der Nicols zusammenfallen. Ein solcher Verlauf ist aber nicht wahrscheinlich.

Es fragt sich nun zunächst, gehört dieses doppeltbrechende elastische Gewebe den ein- oder zweiaxigen Gebilden an. Zur Entscheidung dieser Frage benutzt man am besten ein in der angegebenen Weise mit Terpentin durchtränktes Nackenband, durch welches man sich mässig dicke Schnitte möglichst genau senkrecht zur Faserrichtung anfertigt. Man findet den Querschnitt bestehend aus zahlreichen, durch dünne Bindegewebezüge von einander abgegrenzten Bündeln, an welchen man die Querschnitte der einzelnen elastischen Fasern deutlich wahrnimmt. Ganz constant findet man nun, dass an solchen senkrecht zur Faserrichtung geschnittenen Objecten die Bündel selbst vollkommen dunkel bleiben und bei allen Drehungen um 360^0 ihre Helligkeit nicht merklich ändern; dagegen sieht man an den umhüllenden Bindegewebezügen sofort eine deutliche Doppelbrechung in Form von Erhellung des Sehfeldes meist zugleich mit dem Auftreten von Interferenzfarben, die verschwinden, wenn die Längsrichtung dieser Züge parallel verläuft mit den Schwingungsebenen eines der beiden Nicols. Schneidet man nun annähernd gleich dicke Schnitte aus einem solchen Nackenband, die zur Längsrichtung der Fasern in immer geringeren Winkeln stehen, so beobachtet man ein Anfangs geringes Doppelbrechungsvermögen, das um so deutlicher wird, je mehr die Richtung der Schnitte der mit dem Faserverlauf parallelen Ebene sich nähert. Die zu letzterer senkrechten Schnitte, in welchen die beiden Strahlen die elastischen Fasern der Länge nach durchschwingen, sind die einzigen, in welchen jede Doppelbrechung vollkommen verschwindet, indem hier der ausserordentliche und ordentliche Strahl zusammenfallen. Daraus dürfen wir schliessen, dass im elastischen Gewebe nur eine optische Axe existirt, welche in der Längsrichtung der Fibrillen liegt, dass es mithin den einaxig doppeltbrechenden Gebilden zugerechnet werden muss*).

Es handelt sich nun weiter darum, zu bestimmen, in welcher Richtung die Axe der grösseren Geschwindigkeit liegt, ob mit anderen Worten das elastische Gewebe den

*) Diese Bestimmungsweise der optischen Axe ist nicht so scharf wie die gewöhnlichen bei Krystallen angewendeten Methoden. Letztere sind aber hier nicht anwendbar.

positiv oder negativ einaxigen Gebilden zugerechnet werden muss. Man entscheidet dies am besten mit Hülfe eines Apparates, wie ihn Brücke bei seinen Untersuchungen über den Bau der Muskelfasern benützte, wobei jedoch der obere Keil durch eine planparallele Quarzplatte ersetzt werden kann. Man schneidet aus einem mit Terpentin durchtränkten Stück Nackenband ziemlich dicke Stücke parallel dem Faserverlauf. Legt man diese so auf die obere Platte oder den oberen Keil, dass die Längsrichtung der Fasern (die optische Axe) parallel ist der Axe des unteren Keils und lässt nun nach und nach immer dünnere Stücke des letzteren in's Sehfeld treten, so beobachtet man, dass jede Farbe, wie sie aus der Interferenz der beiden Strahlen in Folge der verschiedenen Dicke der durchwanderten Platten hervorgeht, zuerst angenommen wird vom Grunde, dann von den Elementen des elastischen Gewebes. Lässt man bei gleicher Richtung des Objects dickere Stücke des unteren Keiles successive in's Sehfeld treten, so sieht man die Farbe des Nackenbandes der des Grundes voraneilen. Das Umgekehrte beobachtet man natürlich, wenn man die Schnitte mit ihrer optischen Axe parallel der Axe der oberen Platte legt und nun dickere oder dünnere Parthien des unteren Keiles successive in's Sehfeld treten lässt. Jedes solche Stück Nackenband wirkt demnach wie eine Verdickung des Keiles, mit dessen Axe die Längsrichtung der Fasern parallel läuft. Daraus folgt, dass die Fasern des elastischen Gewebes positiv doppeltbrechend sind wie der Quarz und wie die anisotrope Substanz der Muskeln. Die auffallende Erscheinung, wonach dasselbe Gewebe unter verschiedenen Bedingungen so verschiedene optische Eigenschaften zeigt, steht nicht vereinzelt. Ist doch der wichtige Einfluss, den mechanische Einwirkungen auf die optischen Elasticitätsaxen auszuüben im Stande sind, schon lange bekannt, und am Ende wird das mechanische Moment des Druckes, wie wir es an gepressten Gläsern oder Krystallen sehen, hier nur ersetzt durch das nicht minder mechanische der Quellung mit Wasser. Die nahen Beziehungen zwischen Quellung und der mechanischen Elasticität der thierischen Gewebe sind wiederholt Gegenstand von Untersuchungen gewesen, man kennt eben so die nahen Beziehungen, die zwischen mechanischer und optischer Elasticität bestehen. Der gleichzeitige Einfluss, den die Quellung auf beide ausübt, springt in dem vorliegenden Falle sofort in die Augen. Die beobachteten Thatsachen führen uns zu dem Schlusse, dass auf der Entfernung des Wassers das Hervortreten der doppeltbrechenden Eigenschaft des elasti-

schen Gewebes beim Eintrocknen beruht, auf demselben Grunde und der Ersetzung des Wassers durch eine nicht quellungsfähige Flüssigkeit das Hervortreten derselben Eigenschaft beim Durchtränken mit Terpentin. Jedermann weiss nun aber, wie das frisch so vollkommen elastische Nackenband beim Trocknen immer zäher und brüchiger wird, ausdehnenden Kräften immer grösseren Widerstand entgegensetzt. In demselben Maasse, wie dies geschieht, tritt das Doppelbrechungsvermögen deutlicher hervor und verliert sich wieder, wenn durch Quellung die frühere Elasticität wieder hergestellt wird, eine Erscheinung, die wir in noch auffallenderer Weise beim Bindegewebe wieder finden werden.

Dasselbe Verhalten wie das Nackenband zeigen die mehr plattenförmigen Ausbreitungen des elastischen Gewebes in den grösseren Arterien. Dünne Schnitte durch die Aorta des Schweines zeigen frisch untersucht nur stellenweise eine geringe Einwirkung auf polarisirtes Licht. Beim Trocknen tritt auch hier die Doppelbrechung an allen Stellen auf das deutlichste hervor.

Dagegen konnte ich an der Descemet'schen Haut, die ich frisch und mit Terpentin untersuchte, mit His keine deutliche Doppelbrechung wahrnehmen, was möglicherweise von den sehr dünnen Schichten herrührte, die man im letzteren Falle anwenden muss, um gegen das Mitbekommen von Cornearesten sicher zu sein.

Reagentien, welche auf das elastische Gewebe nicht einwirken, sind in der Kälte auch ohne Einwirkung auf dessen Doppelbrechungsvermögen. Lässt man Nackenband längere Zeit in verdünnter Essigsäure liegen, in welcher Sehnenstücke sehr stark quellen, wäscht es hierauf aus und lässt es trocknen, so beobachtet man dieselbe Doppelbrechung, wie an sofort getrocknetem Nackenband. Dieselbe Wirkung zeigen verdünnte Alkalien. Dagegen wird das elastische Gewebe bei längerem Liegen in conc. Barytwasser mehr und mehr gallertig mit Verlust des Doppelbrechungsvermögens beim Trocknen und schliesslich vollständig gelöst.

Durch längeres Kochen des elastischen Gewebes mit Wasser oder Reagentien, welche es nicht zerstören, wird das Doppelbrechungsvermögen vollständig aufgehoben und lässt sich nach dem Trocknen nicht wieder herstellen.

So lange ich diese Eigenschaft nicht kannte, musste ich suchen, mir das Gewebe möglichst rein von fremden Beimischungen zu verschaffen. Ich bin dabei zu einer Methode gelangt, welche gestattet, ein reines elastisches Gewebe von

constanter Zusammensetzung herzustellen, die ich hier als einen Beitrag zur chemischen Kenntniss dieses Gewebes mittheilen will. Tilanus giebt bekanntlich an, dass man durch längeres Kochen mit Essigsäure nach vorherigem Entfetten reines elastisches Gewebe erhalte. Es ist mir bis jetzt nicht geglückt, auf diesem einfachen Wege eine aschenfreie Substanz zu erhalten, wohl aber auf folgendem, der, wie man sofort ersieht, mit dem zur Reinigung von Cellulose, Chitin etc. üblichen fast identisch ist. Man kocht frisches, sorgfältig präparirtes Nackenband mit einer Mischung von Alkohol und Aether längere Zeit und hierauf mindestens einen Tag lang mit Wasser. Dadurch entfernt man das Fett und den grössten Theil des im Nackenbande enthaltenen Bindegewebes. Man kocht hierauf einen Tag lang mit ziemlich concentrirter Essigsäure und dann wieder mit Wasser, um den grössten Theil der im Gewebe befindlichen Essigsäure zu entfernen. Man bringt nun die Substanz in eine mässig verdünnte Kalilösung und kocht damit so lange, bis sie anfängt etwas zu quellen. Man giesst die gelblich gefärbte kalische Flüssigkeit ab, fügt Wasser mit etwas Essigsäure zu, bis schwach saure Reaction vorhanden ist, kocht neuerdings und ersetzt nun das Wasser nach vorherigem Abgiessen so lange von Neuem, bis die saure Reaction verschwunden ist. Das Gewebe ist nun schon ziemlich rein, zeigt jedoch meist noch deutliche Spuren von Asche. Um diese zu entfernen, zieht man es in kalter, ziemlich concentrirter Salzsäure 24 Stunden lang aus, giesst die Flüssigkeit ab und vertheilt die Substanz, um die rückständige Salzsäure zu entfernen, in sehr viel destillirtes Wasser, das man bis zum Verschwinden der sauren Reaction erneuert. Das Gewebe quillt dabei sehr beträchtlich. Man kocht dann schliesslich so lange mit destillirtem Wasser, bis dieses vollkommen klar bleibt und beim Verdampfen keine Spur eines Rückstandes hinterlässt. Man wird dabei stets bemerken, dass das in der Kälte stark gequollene Gewebe jedes Mal beim Kochen mit Wasser etwas sich zusammenzieht, indem die Quellungsfähigkeit bei hohen Temperaturen eine geringere zu sein scheint.

So dargestelltes elastisches Gewebe ist getrocknet eine spröde, gelbliche, deutlich faserige Substanz. In Wasser quillt dieselbe auf und zwar etwas beträchtlicher als frisches Nackenband und zeigt, mikroskopisch untersucht, noch die wohl erhaltenen elastischen Fasern. Mit wässerigem Ammoniak und verdünnter Essigsäure quillt die Substanz gleichfalls und zwar beträchtlicher als frisches Nackenband. Sie ist voll-

kommen unlöslich in Wasser, selbst bei mehrtägigem Kochen, eben so in concentrirter kochender Essigsäure, unlöslich in Alkohol und Aether. Mit concentrirter reiner Salpetersäure färbt sie sich blassgelb, während sie zugleich gallertig aufquillt; auf Zusatz von Ammoniak wird die Färbung gelbroth; bei längerer Einwirkung der Salpetersäure wird die Substanz immer mehr schleimig unter Gasentwickelung und erhält sich so längere Zeit. Mit concentrirter Kalilösung gekocht, löst sie sich unter bräunlicher Färbung; die Lösung, nach Neutralisirung des Kalis mit Schwefelsäure eingedampft, gelatinirt nicht und wird durch Säuren mit Ausnahme von Gerbsäure nicht gefällt. Auf dem Platinblech erhitzt, schwärzt sich die Substanz, verbrennt mit leuchtender Flamme und unter Horngeruch zu einer schwarzen lockeren Kohle, die zuletzt vollständig auch bei Anwendung grosser Mengen von Substanz verschwindet ohne Hinterlassung wägbarer Aschenmengen.

Die Substanz ist vollkommen phosphorfrei; die Schwefelbestimmung, mit Soda und Salpeter ausgeführt, lieferte für 1,9685 Gr. der Substanz 0,0114 Gr. schwefelsauren Baryt = 0,0015 S = 0,08 %. Diese Schwefelmenge ist so gering, dass sie auf das Resultat der Analysen keinen Einfluss ausüben kann und als eine zu vernachlässigende Verunreinigung betrachtet werden darf. Die Analysen der Substanz von drei Bereitungen ergaben folgendes:

I. 0,530 Gr. mit Kupferoxyd und vorgelegtem metallischen Kupfer, zuletzt im Sauerstoffstrom verbrannt, geben 0,360 Gr. Wasser und 1,078 Gr. Kohlensäure.

II. 0,540 Gr. geben 0,373 H und 1,367 $\ddot{C}$.

III. 0,4675 „ „ 0,2995 H „ 0,9525 $\ddot{C}$.

IV. 0,5195 „ „ 0,343 H „ 1,0475 $\ddot{C}$.

V. 0,3535 mit Natronkalk verbrannt lieferten 0,0581 N. (aus oxalsaurem Ammoniak berechnet) = 16,43 %.

VI. 0,4745 geben 0,0784 N = 16,52 %.

VII. 0,401 „ 0,063 N = 15,71 %.

VIII. 0,522 „ 0,084 N = 16,09 %.

Diese Zahlen führen zu der empirischen Formel $C_{112}H_{88}N_{14}O_{32}$, wie nachstehende Uebersicht zeigt:

			I.	II.	III.	IV.
C_{112}	672	55,44	55,47	55,72	55,55	55,09
H_{88}	88	7,26	7,54	7,67	7,11	7,33
N_{14}	196	16,17	16,09	15,71	16,52	16,43
O_{32}	256	21,13	20,90	20,70	20,82	21,15
	1212	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Diese Formel hat als eine empirische natürlich keinen anderen Zweck als den, das Mengenverhältniss der einzelnen Bestandtheile in einfacher Weise auszudrücken. Bezüglich der Zersetzungsproducte des elastischen Gewebes mit Schwefelsäure kann ich dem Bekannten Nichts zufügen; man erhält neben Leucin geringe Mengen von Tyrosin und Ammoniak, wie schon Erlenmeyer und Schöffer gefunden haben, und daneben, wie es scheint, noch einen nicht krystallisirbaren, durch Bleiessig fällbaren Körper, den ich leider nicht näher untersuchen konnte.

2. Bindegewebe.

Viel entschiedener, als bei dem elastischen Gewebe, tritt uns eine Verschiedenheit der optischen Elasticitätsaxen entgegen beim Bindegewebe. Man benützt, um sich davon zu überzeugen, am besten eine von den dünnen Beugesehnen der Froschzehen, die man ohne Druck oder Zug blos mit etwas Wasser oder Eiweisslösung angefeuchtet unter das Mikroskop bringt. An den weniger durchsichtigen Stellen beobachtet man das Doppelbrechungsvermögen nur in Form einer Erhellung des Sehfeldes meist mit gelblicher matter Färbung, dagegen wird man an der Mehrzahl dieser dünnen Sehnen auch durchsichtigen Parthien begegnen, wo die Ungleichheit der optischen Elasticitätsaxen sofort durch die höheren Farben des Newton'schen Ringsystems sich kund giebt. Auch hier findet man, dass die Färbung am deutlichsten und hellsten ist bei einer Neigung der Sehne von 45^0 gegen die Schwingungsebenen der Nicols, dagegen in den 4 Azimuthen verschwindet, in welchen Längsrichtung der Sehne und die Schwingungsebenen der Nicols zusammenfallen. Noch deutlicher tritt die Erscheinung hervor, wenn man eine solche Sehne eintrocknen lässt. Sie wird dabei viel durchsichtiger; die Doppelbrechung tritt allenthalben in ausgezeichneter Weise hervor, jedoch bemerkt man, dass hierbei die ursprünglich an den mehr durchsichtigen Stellen vorhandenen Färbungen sich nicht bedeutend ändern, höchstens um wenige Grade in der Newton'schen Ringskala aufwärts rücken.

Dieselben Erscheinungen beobachtet man am sogenannten ungeformten Bindegewebe; man mag dasselbe nehmen aus der Arachnoidea oder dem Mesenterium oder dem Unterhautbindegewebe. Man untersucht diese Objecte am besten auf einer Glimmerplatte, welche die Uebergangsfarbe zeigt, und

wird auch hier an der Farbenänderung das Doppelbrechungsvermögen an den durchsichtigeren Stellen erkennen.

Auch durch Einlegen in Weingeist wird die Doppelbrechung des frischen Bindegewebes nicht wesentlich geändert. Entwässert man eine Sehne mit Alkohol und Aether und macht sie hierauf mit Terpentin durchsichtig, so erhält man immer noch annähernd die Farben der Newton'schen Ringsysteme höherer Ordnung wie an frischen Präparaten. Dasselbe Verhalten zeigen Sehnenstücke, die man nach dem von Rollett angegebenen Verfahren in Barytwasser gelegt und hierauf unter Essigsäurezusatz ausgewaschen hat. Auch diese zeigen für sich oder mit Glycerin untersucht dieselben doppeltbrechenden Eigenschaften wie frische Sehnensubstanz.

Es entsteht nun wieder zunächst die Frage: ob das Bindegewebe ein- oder zweiaxig ist. Zur Entscheidung dieser benützen wir dasselbe Verfahren wie beim elastischen Gewebe. Fertigt man durch eine in Alkohol und Aether entwässerte und mit Terpentin durchtränkte Sehne dünne Schnitte senkrecht zum Faserverlauf, so erhält man die bekannte eigenthümliche Zeichnung des Sehnenquerschnittes in Form der einzelnen von Bindegewebszügen umflochtenen Bündel mit den bekannten sternförmigen Figuren und den punktförmigen Fibrillen-Querschnitten. Man sieht nun auch hier an den umhüllenden Bindegewebe-Bündeln ausgezeichnetes Doppelbrechungsvermögen in Form von Erhellung des Sehfeldes meist mit gleichzeitigen Interferenzfarben, die auch hier verschwinden bei parallelem Verlauf dieser Züge mit den Schwingungsebenen der Nicols, im Azimuth von 45° am deutlichsten sind. Die Substanz der Bündel selbst zeigt theils geringe Erhellung des Sehfeldes, theils bleiben sie vollkommen dunkel, ohne dass die Helligkeit bei der Drehung um 360° sich merklich änderte. Untersucht man nun näher, so findet man, dass das letztere an den Bündeln der Fall ist, an welchen wir die sternförmigen Figuren und die Fibrillenquerschnitte am deutlichsten wahrnehmen, während an den übrigen die Erhellung des Sehfeldes um so beträchtlicher ausfällt, je mehr der Schnitt hier eine schiefe Richtung genommen hat. Schneidet man nun in verschiedenen schiefen Richtungen durch eine solche Sehne, so erhält man bei annähernd gleicher Dicke der Schnitte auch hier um so stärkere und deutlichere Färbungen, je mehr die Richtung des Schnittes dem Faserverlauf parallel wird. Auch hier erhalten wir demnach nur eine Richtung, in welcher die Doppelbrechung vollkommen verschwindet, indem beide Strahlen zusammenfallen; auch

das Bindegewebe müssen wir mithin den einaxigen Gebilden anreihen. Die Axe liegt auch hier in der Längsrichtung der Fibrillen.

Legt man ein parallel der Axe geschnittenes, mit Terpentin durchtränktes Sehnenstück in unseren Keilapparat so, dass die Axe der Sehne parallel läuft der Axe des unteren Keiles, und lässt nun nach und nach immer dünnere Stücke des letzteren in's Sehfeld treten, so beobachtet man, wie jede Farbe zuerst angenommen wird vom Grunde, dann von dem Sehnenschnitte; dagegen eilt, wenn dickere Stücke des unteren Keiles in das Sehfeld rücken, die Farbe der Sehne der des Grundes voraus. Auch die Sehnenschnitte wirken mithin als Verdickungen der Platte, mit deren Axe sie parallel liegen, und sind positiv; die Primitivfibrillen des Bindegewebes bestehen selbst wieder aus zahlreichen einaxigen, positiv doppeltbrechenden Gebilden, welche mit ihrer Hauptaxe der Längsrichtung der Fasern parallel gerichtet sind.

Dieses Doppelbrechungsvermögen, welches uns das frische Bindegewebe zeigt, wird durch verschiedene Eingriffe geändert. Es erhält sich ziemlich unverändert beim Gerben, beim Härten in Blei- oder Quecksilbersalzen, welche alle bekanntlich die fibrilläre Beschaffenheit der Substanz nicht merklich alteriren. Dagegen verliert es sich fast vollständig beim Härten des Bindegewebes in Chromsäure, obwohl das Gewebe hierbei seine Structur in so ausgezeichneter Weise beibehält.

Eine sehr beträchtliche Verminderung des normalen Doppelbrechungsvermögens bringt die Quellung des Bindegewebes bei Anwendung verdünnter wässeriger Säuren hervor. Man nimmt, um dies zu sehen, entweder eine dünne Froschsehne, die, in Wasser betrachtet, an einer bestimmten Stelle ihres Verlaufs eine gewisse Interferenzfarbe erkennen lässt, oder ein kleines, aus einer grösseren Sehne genommenes Sehnenbündel, oder endlich ein nach dem Rollett'schen Verfahren isolirtes Bündel, das in einer grösseren Strecke eine bestimmte Interferenzfarbe der höheren Ordnung zeigt. Setzt man dem Object einen Tropfen Essigsäure zu, so bemerkt man vom Saume des Sehnenbündels gegen das Innere fortschreitend das scheinbare Homogenwerden der Substanz mit zunehmender Verdickung und Verkürzung, während das Object rasch sehr durchsichtig wird und allenthalben deutliche Färbungen zeigt. Je weiter die Quellung sich ausbildet, um so mehr beobachtet man ein Rückwärtsgehen der Interferenzfarben gegen den Nullpunkt (das Schwarz) des Newton'schen Ringsystems. So lässt sich leicht beobachten, wie an kleineren Sehnen-

bündeln die Färbung vom Purpur an der Grenze des ersten Ringes zurückgeht bis zum matten Weiss an dem Anfange desselben; an den dünnen Beugesehnen der Froschzehen ist dies noch beträchtlicher; es gelingt hier, nach $^1/_2$stündiger Einwirkung der wässerigen Säure die Farbe vom Roth der dritten Ordnung bis zum matten Weiss und an dickeren Stellen zum Gelb des ersten Ringes zurückgehen zu sehen, während die eingelagerten Körperchen in Folge der erhöhten Durchsichtigkeit der Substanz scharf hervortreten.

Setzt man nun einem solchen gequollenen Sehnenstück Ammoniak zu, um die Essigsäure zu neutralisiren, so erhält bekanntlich das Gewebe seine fibrilläre Beschaffenheit wieder. Verfolgt man diesen Vorgang, so sieht man successive von den Rändern her mit der wiederkehrenden Faserung die Farben höher und höher im Ringsystem hinaufgehen, während die Substanz sich gleichzeitig verschmälert und verlängert, und es genügt, wenn bei der Wiederherstellung des fibrillären Gefüges die Substanz etwas undurchsichtiger geworden sein sollte, mit einem Tropfen Glycerin die Durchsichtigkeit wieder herzustellen, um die ursprüngliche Färbung an allen Orten einer solchen Sehne wieder zu beobachten.

Dasselbe lässt sich mit grösseren Sehnenstücken vornehmen und man kann hier zugleich untersuchen, ob bei der Quellung der Charakter der Doppelbrechung sich ändert. Dies ist nun nicht der Fall. Auf senkrecht zum Faserverlauf geschnittenen Stücken bleiben die Bündel in allen Azimuthen dunkel, während die umhüllende Substanz noch Doppelbrechung erkennen lässt; auch lässt sich leicht constatiren, dass die Sehne nach wie vor positiv doppeltbrechend ist.

Das Faktum, dass das Bindegewebe unter verschiedenen Bedingungen eine solche Verschiedenheit seiner optischen Constanten zeigt, ist, wie ich glaube, aus doppelten Gründen von Wichtigkeit. Einmal wegen der Bedeutung für die Henle-Reichert'sche Controverse über die Structur des Bindegewebes, insofern sich ergiebt, dass die meisten Agentien, welche die fibrilläre Structur nicht ändern, auch die optischen Eigenschaften dieses Gewebes nicht merklich beeinträchtigen, während eine (scheinbare) Aufhebung dieser Structur, ein Homogenwerden des fibrillären Bindegewebes nicht stattfinden kann ohne eine beträchtliche Veränderung der optischen Constanten, so dass auch von dieser Seite her die von Henle festgehaltene Ansicht ein neues und vielleicht nicht das unwichtigste Argument erhält.

Das Faktum ist aber zweitens wichtig wegen der Analogie mit dem gleichen Verhalten des elastischen Gewebes. Dort lernten wir im Gefolge der Quellung mit Wasser eine Verminderung des Doppelbrechungsvermögens bis zum Unmerklichwerden kennen. Beim Bindegewebe finden wir in Folge der gleichen Einwirkung eine so sehr beträchtliche Abnahme. Dass es sich hierbei in der That um eine Quellung durch Wasser handelt, zeigt schon der Umstand, dass sehr concentrirte wasserfreie Säuren, z. B. Eisessig, die Erscheinung nicht hervorbringen; noch einfacher lässt es sich durch folgenden Versuch darthun: Man nehme 3 Sehnenstücke und lege das eine in Wasser, das andere in Alkohol und das dritte in Aether und setze zu jeder Flüssigkeit einige Tropfen Essigsäure, so wird nach 24 Stunden das in Wasser liegende Sehnenstück gequollen, breit und durchsichtig sein, während die in Alkohol und Aether liegenden noch nach Wochen unverändert sind. Jedermann weiss, um wie viel elastischer solches gequollenes Bindegewebe ist als frisches, wie viel leichter durch geringe Kräfte es ausgedehnt wird. Auch hier finden wir demnach, dass die Abnahme des Elasticitätsmodulus, wie sie im Gefolge der Quellung eintritt, mit einer Abnahme der Verschiedenheit in den optischen Elasticitätsaxen Hand in Hand geht und dass die mechanischen Elasticitätsverhältnisse nicht merklich geändert werden können, ohne gleichzeitige Aenderungen der optischen.

Aehnlich wie durch Quellung verändert sich das Doppelbrechungsvermögen des Bindegewebes durch kürzeres, 5 bis 10 Minuten langes Kochen. Dabei wird ein Sehnenstück bekanntlich viel kürzer und dicker, zugleich sehr vollkommen elastisch und durchscheinend. Genau dieselben Erscheinungen erhält man beim Einlegen eines Sehnenstückes in concentrirte Chlorcalciumlösung im Verlauf kurzer Zeit, woraus man auf die Vermuthung gebracht werden könnte, dass in beiden Fällen die Structurveränderung mit dem Austritte chemisch gebundenen Wassers Hand in Hand geht, eine Vermuthung, die natürlich eine mehr zufällige Ansicht ist, für die sich aber am Ende auch die von Rollett durch Wägungen gekochter Sehnenstücke gewonnenen Resultate anführen liessen. Auch hierbei bleibt das Bindegewebe einaxig, positiv doppeltbrechend; jedoch ist das Doppelbrechungsvermögen sehr gering und erfordert zum Nachweis dickere Schnitte, die man aber hier bei der grossen Durchsichtigkeit der Substanz leicht anfertigen kann. Auch die Cornea verliert beim Kochen ihre doppeltbrechenden Eigenschaften nicht gänzlich, wie man an

mässig dicken Schnitten sofort sieht, während sie allerdings an sehr dünnen sich nicht mehr nachweisen lassen, wahrscheinlich waren es solche, welche His veranlassten, gekochte Corneastücke für nicht doppeltbrechend zu erklären. Wir wissen zur Zeit kein Mittel, um auch die Formveränderung, welche Bindegewebe beim Kochen oder in Chlorcalciumlösung erleidet, in die normale Gestalt zurückzuführen.

3. Knochen.

Die vielfachen genetischen und chemischen Beziehungen zwischen Bindegewebe und Knochen lassen ein ähnliches Verhalten beider hinsichtlich der optischen Eigenschaften a priori vermuthen. Diese Vermuthung wird denn auch durch die Beobachtung vollkommen bestätigt. Betrachtet man den Längsschnitt eines Röhrenknochens, so beobachtet man bei einer Neigung der Havers'schen Kanälchen von 45^0 gegen die Schwingungsebene der beiden Nicols eine beträchtliche Erhellung des Gesichtsfeldes und zugleich an dickeren Stellen gelbe oder blaue Färbungen. Auch hier verschwindet Färbung und Helligkeit bei parallelem Verlauf der Havers'schen Kanälchen und der Schwingungsebenen der Nicols.

Die Axen lassen sich leicht an Querschliffen von Röhrenknochen bestimmen, welche man hinreichend dünn macht und polirt. Man sieht bekanntlich an solchen die Havers'schen Kanälchen als runde Lücken, umgeben von ihren concentrisch streifigen Speciallamellen und eingebettet in die bald stärker, bald schwächer vorhandenen Grundlamellen. Man sieht nun an einem solchen Querschliff die Grundlamellen erhellt und weiss oder gelb gefärbt, am deutlichsten, wenn ihre Züge im Winkel von 45^0 zur Schwingungsebene der Nicols stehen, dagegen dunkel, wenn ihre Züge mit der Schwingungsebene zusammenfallen, so dass hier eine auf den ersten Blick in die Augen springende Analogie mit den Hüllen der Sehnenbündel gegeben ist.

Die zwischen diesen in günstiger Stellung deutlich doppeltbrechenden Grundlamellen liegenden concentrischen Lamellensysteme der Havers'schen Kanälchen bieten ein verschiedenes Ansehen dar. Man bemerkt stets eine gewisse Zahl, welche vollkommen dunkel erscheinen und in allen Azimuthen beim Drehen des Objects dunkel bleiben, während die umgebenden Grundlamellen deutliche Doppelbrechung zeigen. Daneben bemerkt man nun eine nicht unbeträchtliche Anzahl anderer, welche in ausgezeichneter Weise bald in grösserer, bald in

geringerer Vollständigkeit das für einaxige Gebilde charakteristische schwarze Kreuz darbieten mit deutlicher Färbung zwischen den Armen oder mit geschlossenen concentrischen Ringen. Bei einer Drehung um 360° ändert die Erscheinung sich nicht.

Die Erklärung dieser Erscheinungen erhalten wir auf jedem Längsschliff desselben Knochens. Wir sehen hier stets nur einen Theil der Havers'schen Kanälchen der Längsaxe des Knochens genau parallel verlaufen; es sind dies diejenigen, welche bei einem Querschnitte vollkommen senkrecht getroffen werden und in allen Azimuthen dunkel bleiben, da beide Strahlen durch sie mit gleicher Geschwindigkeit hindurchschwingen. Die grössere Zahl sehen wir unter sehr spitzen Winkeln zur Längsaxe des Knochens letzteren durchsetzen; es sind dies diejenigen, welche uns bald mehr, bald weniger vollkommen das charakteristische Bild des schwarzen Kreuzes mit den geschlossenen Interferenzringen darbieten. Die geringe Neigung der Platte gegen die Richtung des durchschwingenden Lichtes wirkt hier ebenso auf den Gang der beiden Strahlen, wie eine senkrecht stehende Platte auf schief durchfallendes Licht. Dass diese Erklärung richtig ist, ergiebt sich auch aus der Betrachtung von Schliffen, welche unter verschiedenen Winkeln zur Axe des Knochens geschnitten sind. Schon an Schnitten, welche unter einem Winkel von 65° zur Axe genommen sind, finden wir nur an wenigen Havers'schen Lamellen noch das schwarze Kreuz angedeutet, bei einem Winkel von 45° ist die Erscheinung nicht mehr sichtbar, die Kanälchen selbst erscheinen als oblonge Lücken und ihre Lamellen in günstiger Stellung gleichmässig erhellt und gefärbt.

Auch beim Knochen lässt sich an Längsschliffen leicht constatiren, dass derselbe als Verdickung eines Quarzkeiles wirkt, mit dessen Axe die Längsrichtung der Havers'schen Kanälchen parallel läuft, dass er mithin den positiven Gebilden zugerechnet werden muss.

Dies führt uns zu dem Schlusse, dass auch die Intercellular-Substanz des Knochens gebildet wird von zahlreichen kleinsten, einaxigen, positiv doppeltbrechenden Gebilden, welche mit ihrer Hauptaxe den längeren Durchmessern der Knochenzellen, resp. der Längsrichtung der Havers'schen Kanälchen parallel gerichtet sind.

4. Knorpel.

Schwieriger als bei den abgehandelten Geweben gestaltet sich die Untersuchung des Doppelbrechungsvermögens bei der

Intercellularsubstanz des Knorpels, und doch gestattet uns die Methode den Nachweis einer sehr ausgezeichneten Molecularstructur an dieser hyalinen, scheinbar vollkommen structurlosen Substanz.

Untersucht man den massenhaften Knorpel vom Schädel eines Knorpelfisches, z. B. des Störs, so wird man stets an einzelnen Stellen eine Erhellung des Sehfeldes, an anderen selbst schwache Interferenzfarben, an noch anderen vollkommene Dunkelheit wahrnehmen. Dreht man nun das Object um 90^0, so wird man die ursprünglich hellen oder gefärbten Stellen allmählich sich verdunkeln sehen, während die ursprünglich dunklen Stellen im Winkel von 45^0 zur ursprünglichen Richtung erhellt oder selbst gefärbt erscheinen. Dies zeigt uns, dass hier zwar eine Verschiedenheit der optischen Elasticitätsaxen in der Intercellularsubstanz vorhanden ist, dass jedoch die kleinsten Theilchen nicht nach einer ganz bestimmten Richtung mit ihren Hauptaxen zu liegen kommen. Dieselbe Unregelmässigkeit beobachten wir an den zelligen Elementen eines solchen Knorpels, die in verschiedener Menge und in mannichfachen Richtungen die Intercellularsubstanz durchsetzen.

Anders gestalten sich die Verhältnisse, wenn man die Untersuchungen an einem Knorpel vornimmt, der, wie die Knorpel der Trachea in ihren äusseren Schichten oder wie die Gelenkknorpel, eine bestimmte Lagerung seiner zelligen Elemente darbietet.

Am Gelenkknorpel unterscheiden wir bekanntlich auf senkrechten Schnitten eine oberflächliche Lage platter, spindelförmiger, horizontal liegender Gebilde, auf sie folgt eine zweite, in der ähnliche, aber meist grössere zellige Gebilde bald horizontal, bald senkrecht, bald in schiefen Richtungen durch einander liegen, in der untersten Lage endlich stehen die Zellen mit ihren Längsdurchmessern senkrecht zur Oberfläche des unterliegenden Gelenkkopfes.

In allen Fällen, wo diese Anordnung deutlich ausgesprochen ist, sehen wir bei einer Neigung der oberen und unteren Zellenlage von 45^0 gegen die Schwingungsebene der Nicols in beiden eine beträchtliche Erhellung und Färbung des Sehfeldes, während die intermediäre Zellenlage zwischen beiden durch eine dunkle, bald schmälere, bald breitere Linie angedeutet ist. Dreht man nun das Object langsam um 45^0, so beobachtet man an den beiden vorher im Maximum der Helligkeit befindlichen Lagen eine zunehmende Verdunkelung, während nun die ursprünglich dunkle Linie wenigstens an

vielen Stellen erhellt wird, an einzelnen selbst farbig erscheint. Dreht man das Object um 360°, so beobachtet man vier Mal diesen Wechsel von Hell und Dunkel, und zwar sieht man das Maximum der Dunkelheit stets dann eintreten, wenn die Längsrichtung der Zellen in der oberen und unteren Lage zusammenfällt mit den Schwingungsebenen der beiden Nicols. Dies beweist, dass eine Verschiedenheit in den optischen Elasticitätsaxen der kleinsten die Intercellularsubstanz des Knorpels zusammensetzenden Theilchen vorhanden ist, so wie, dass dieselben nach bestimmten, von der Richtung der Zellen abhängigen Richtungen gelagert sein müssen.

Zur Erforschung der Axen eignet sich die oberflächliche Lage nicht aus sogleich anzugebenden Gründen; mit mehr Erfolg lässt sich hierzu die untere Lage verwenden. Die Knorpelzellen sind hier der Mehrzahl nach lange spindelförmige Gebilde, die mithin auf Querschnitten als kleine rundliche Höhlungen erscheinen müssen. Fertigt man sich nun Querschnitte durch diese untere Lage des Gelenkknorpels, indem man successive von einem dicken Gelenkknorpel Schichte für Schichte parallel mit der Oberfläche des Gelenkkopfes abträgt, was am besten an einem mit Aether und Alkohol entwässerten und nachher mit Terpentin durchtränkten Knorpelstück geschieht, das noch eine Strecke weit auf einem Theile des Knochens aufsitzt, so wird man allerdings hin und wieder unter vielen Schnitten welche bekommen, wo man die Mehrzahl der Knorpelzellen in der angegebenen Form im Querschnitt sieht. Man beobachtet nun, dass an solchen Stellen das Sehfeld vollkommen dunkel erscheint und auch bei allen Drehungen dunkel bleibt, während nahe daran gelegene, mehr schief getroffene Stellen deutliche Doppelbrechung erkennen lassen. Man erhält aber solche Schnitte nur an Knorpeln, bei welchen die unterste Zellenlage sehr ausgebildet ist und die senkrechte Richtung der Zellen deutlich hervortritt, was nicht bei allen Gelenkknorpeln in gleichem Maasse der Fall ist. Die gleichbleibende Dunkelheit des Sehfeldes in allen Azimuthen beweist, dass hier eine optische Axe getroffen ist; das Ansehen der Zellengebilde, so wie die Richtung des Schnittes sprechen dafür, dass es die der Längsrichtung der Zellen parallele Ebene ist, in welcher die Axe liegt.

Man darf sich jedoch nicht verhehlen, dass wir kein sicheres Criterium besitzen, das für die auf der Längsrichtung der Zellen senkrechte Ebene charakteristisch wäre, denn auch auf wenig gegen diese geneigten Schnitten werden die Bilder

sich ähnlich gestalten. Da indess bis jetzt keine Thatsachen bekannt sind, welche gegen die einaxige Natur der kleinsten Elemente des Knorpels sprechen, so ist mit Zugrundelegung unserer Beobachtung wohl bis auf Weiteres der Schluss gestattet, dass auch sie den einaxigen Gebilden zugehören.

Viel leichter kommen wir zu bestimmten Resultaten bezüglich der Lage der grösseren und kleineren Elasticitätsaxe. Wir benützen auch zur Bestimmung dieser den Gelenkknorpel. Legen wir denselben so auf die obere Platte unseres Apparates, dass die Längsrichtung der Zellen in der oberen Lage parallel ist der Axe der oberen Platte, mithin senkrecht auf der Axe des unteren Keiles, die der unteren dagegen parallel der Axe dieses letzteren, und lassen wir wieder successive dünnere Stücke des letzteren in's Sehfeld treten, so beobachten wir, dass jede Farbe zuerst angenommen wird von der Intercellularsubstanz der oberen Lage, hierauf vom Grunde, dann erst von der Intercellularsubstanz der unteren Lage. Den umgekehrten Gang beobachten wir jedes Mal, wenn wir bei gleicher Lagerung des Knorpels dickere Stücke des unteren Keiles in das Sehfeld treten lassen, indem alsdann jede Farbe zuerst angenommen wird von der unteren Lage, hierauf vom Grunde, während die Farbe der oberen Lage der des Grundes nachfolgt. Auch hier wirken demnach die der Längsrichtung der Zellen parallelen Schichten als Verdickungen des Keiles, mit dessen Axe sie parallel liegen; der Knorpel ist mithin positiv.

Auch die Intercellularsubstanz des Knorpels besteht demnach aus zahlreichen einaxigen, positiv doppeltbrechenden Gebilden, welche da, wo von den drei räumlichen Durchmessern der Knorpelzellen der eine an Ausdehnung überwiegt, mit ihren Hauptschnitten diesem längsten parallel gerichtet sind, dagegen an Stellen, wo ein solches Vorwiegen eines der Durchmesser der Zellengebilde nicht deutlich hervortritt, in weniger regelmässiger Lagerung die Intercellularsubstanz zusammensetzen. Auch für den unwahrscheinlichen Fall, dass spätere Untersuchungen eine zweiaxige Natur des Knorpels nachweisen sollten, verliert die Beobachtung nichts an ihrem Interesse, sofern sie uns zeigt, dass die kleinsten Theilchen so gerichtet sind, dass die Axe der geringeren optischen Elasticität dem Längsdurchmesser der Zellen parallel steht*).

Zu demselben Resultate führt uns die Untersuchung der Trachealknorpel, z. B. vom Ochsen auf Quer- und Längsschnitten. Auch hier liegen die Zellen in den äusseren Lagen mit ihrem Längsdurchmesser der Oberfläche parallel, auch hier können wir leicht constatiren, dass in der diesem Durchmesser

*) Dies ergiebt sich sofort aus der Construction der Elasticitätsfläche, Polarisations- und Schwingungsebene als senkrecht auf einander stehend angenommen.

parallelen Richtung die Knorpelsubstanz als Verdickung des Keiles wirkt, mit dessen Axe sie parallel liegt.

Es ist nun unsere Aufgabe, dass wir an Hand dieser Thatsachen die Erscheinungen zu erklären suchen, welche wir am Gelenkknorpel erhalten, was zugleich eine gute Probe über die Richtigkeit unserer Beobachtungen abgeben wird. Wir haben hier eine obere Lage flacher, rundlicher oder breit-elliptischer Zellen, die auf dem Querschnitte als spindelförmige Gebilde erscheinen. Unseren Beobachtungen zufolge sind diese in die Intercellularsubstanz so eingebettet, dass die kleinsten Theilchen der letzteren mit ihren Hauptschnitten der Flächenausdehnung der Zellen parallel liegen. Wir mögen nun senkrechte Schnitte führen in welcher Richtung wir wollen, stets müssen wir eine deutliche Doppelbrechung erhalten, wenn die Richtung der Zellen gegen die Schwingungsebene der Nicols unter 45^0 geneigt ist. Denn es pflanzen sich nur in den Theilchen beide Strahlen mit gleicher Geschwindigkeit fort und ohne Ablenkung der Polarisationsebene, welche ihre Hauptschnitte gerade gegen den Beobachter kehren; alle übrigen, und im Verhältniss zu ersteren sind es unzählige, müssen in demselben Sinne ablenkend wirken, denn in allen pflanzt sich bei der parallelen Lage der Hauptschnitte der ordentlich gebrochene Strahl mit grösserer Geschwindigkeit fort als der ausserordentliche.

Wir müssen bei dieser Anordnung der kleinsten Theilchen auch an horizontalen Schnitten ein deutliches Doppelbrechungsvermögen wahrnehmen; denn auch hier giebt es nur zwei Richtungen, in welchen die kleinsten Theilchen, die eine Zelle umgeben, mit tiefer liegenden in ihren Wirkungen sich aufheben, nämlich die zwei, in welchen die Hauptschnitte senkrecht auf einander zu liegen kommen. Zwischen diesen zwei Stellungen giebt es nun aber unzählige bis zur parallelen Richtung der Hauptschnitte, in welchen die Einwirkung der Theilchen auf den Gang der beiden Strahlen stets weniger gegenseitig sich schwächt, resp. mehr sich verstärkt, und es würde ein Zufall von der grössten Seltenheit sein, wenn an allen Orten die Hauptschnitte der Theilchen sich kreuzen sollten. Dies ist um so weniger der Fall, als die rundlichen und ovalen Zellen selbst wieder mit dem längeren Durchmesser der breiten Ellipse gruppenweise nach bestimmten Richtungen zu liegen scheinen, die in verschiedenen Tiefen unter verschiedenen Winkeln sich kreuzen. In der That beobachten wir an solchen Horizontalschnitten eine deutliche Doppelbrechung bald in Form von Erhellung des Sehfeldes, bald in der von Interferenzfarben; zugleich sehen wir meist bei Drehungen des Objectes die Maxima und Minima der Lichtintensität in verschiedenen Azimuthen auftreten, was eben dafür spricht, dass die Zellen nicht ganz regellos durch

einander liegen, sondern in kleineren Gruppen verschiedene Richtungen innehalten.

Aehnliches sehen wir an der intermediären Knorpellage mit vorwiegend schiefer Richtung der Zellen. Wo hier die Längsrichtungen übereinanderliegender Zellen, mithin auch die Hauptschnitte der kleinsten Theilchen der Intercellularsubstanz sich kreuzen, wird die Wirkung derselben auf die Polarisationsebene mehr oder weniger vollständig sich aufheben und in allen Azimuthen aufgehoben bleiben. Wo dagegen das Sehfeld verdunkelt erscheint in Folge der vorwiegend schiefen Richtung der Zellen, in welcher sie, während obere und untere Lage mit den Schwingungsebenen der Nicols unter 45^0 sich kreuzen, letzteren parallel laufen, da werden wir Helligkeit und selbst Färbungen dann bekommen, wenn die Längsrichtung der an Menge vorwiegenden Zellen beim Drehen des Objectes mit den Schwingungsebenen der Nicols einen Winkel von 45^0 bildet. Dies beobachtet man in der That, wie schon oben mitgetheilt wurde.

Wenden wir uns endlich an die unterste Knorpellage. Auch hier müssen wir auf allen möglichen senkrechten Schnitten deutliches Doppelbrechungsvermögen wahrnehmen, da alle Theilchen wegen der parallelen Richtung der Hauptschnitte in gleichem Sinne auf den Gang der beiden Strahlen einwirken, während auf Querschnitten die Wirkung ein Minimum werden muss wegen des Zusammenfallens beider Strahlen, wie dies auch die Beobachtung ergiebt.

In ähnlicher ungezwungener Weise lassen sich die Erscheinungen, welche wir an anderen Knorpeln erhalten, ableiten aus der Thatsache: dass die Intercellularsubstanz des Knorpels besteht aus zahlreichen kleinsten positiv einaxigen Gebilden, welche mit ihren Hauptschnitten dem Längsdurchmesser der Zellen parallel gelagert sind.

Wir erhalten dadurch eine neue Analogie zwischen Knorpel, Knochen und Bindegewebe. In all' diesen Gebilden finden wir die Intercellularsubstanz in einem bestimmten Verhältniss zur Richtung der zelligen Elemente angeordnet. Die zahlreichen Uebergänge zwischen Bindegewebe und Knorpel in normalen und pathologischen Geweben sind längst bekannt; die genetischen Differenzen beider sind sehr gering und beschränken sich am Ende im Wesentlichen darauf, dass zu der chemischen Differenzirung des Glutin- und Chondringebenden Gewebes beim gewöhnlichen, fibrillären Bindegewebe noch der mehr mechanische Akt der Sonderung ganzer Gruppen der einaxigen positiv doppeltbrechenden Molekeln zu den

sogenannten Primitivfibrillen kommt, welcher beim Knorpel gewöhnlich unterbleibt.

Ich werde die übrigen Gewebe des Thierkörpers nach derselben Methode untersuchen, sobald es die Verhältnisse mir gestatten, und die Resultate seiner Zeit veröffentlichen. Vorläufig sei es mir noch gestattet, den Herren öffentlich meinen Dank auszusprechen, welche mich bei dieser Arbeit theils durch Belehrung, theils durch literarische Nachweise und durch Ueberlassung von Untersuchungs-Material unterstützten; es sind dies Herr Brücke, welcher mich während meines Aufenthaltes in Wien zur Uebernahme der Untersuchung aufforderte, ferner die Herren Gerlach, Ludwig, Thiersch und Will, welchen ich hiermit aufrichtig danke.

Zur Frage ob die Lungenbläschen ein Epithelium besitzen oder nicht.

Von

Dr. **Deichler.**

Das Vorkommen von Epithelzellen in den Lungenalveolen wurde zuerst von William Addison beobachtet. Nach seiner Beschreibung besteht dasselbe aus grossen, kernreichen, schuppenähnlichen Zellen: „the aircells — possess an epithe-„lium in form of large round nucleated scales and from „one to fifteen or more nuclei may be counted in a single „scale. A great many without any epithelial envelope may „be seen upon them, but I have never satisfied myself, „that they possess the ciliated cylinder-epithelium, so abun-„dant in the trachea and bronchi.“ (Philosoph. Transact. 1842. Part I.)

Dieser Ansicht gegenüber erklärte Rainey (in seiner früheren Arbeit vom Jahre 1845: Medico-chirurgical Transactions. Vol. XXXII.) ganz entschieden, ein solches Epithethelium sei nicht vorhanden. Nach seiner Beschreibung bekleidet das Flimmer-Epithelium die Bronchien bis dahin, wo die „Bronchial-Membran“ endigt; der engste Bronchus, in welchem er noch Flimmer-Epithelium antraf, hatte $^1/_{30}$“ im Durchmesser; er meinte, dass in nicht injicirten Lungen die Kerne der Capillargefässwände ziemliche Aehnlichkeit mit Epithelzellen besässen und dass W. Addison sie damit verwechselt zu haben scheine. Während die oberen Partien der Luftwege eine Schleimhaut besitzen, sollen diejenigen Theile, in denen der Gasaustausch des Blutes besonders stattfinde, nur von einer dünnen fibrösen Membran überzogen sein.

In der etwas später erschienenen Arbeit von Rossignol finden wir ganz dieselbe Ansicht ausgesprochen: „Les parois „alvéolaires sont formées: 1⁰ par une charpente de fibres qui „laissent entre elles des espaces vides ou aréoles; 2⁰ par une „membrane transparente, qui n'offre aucune trace de fibres, „qui récouvre la charpente précédente et remplit les espaces „vides.“ (Rossignol, recherches sur la structure intime du poumon. Bruxelles 1846.)

Auch Todd und Bowman in ihrer Physiological Anatomy wollen niemals Epithelzellen in den Lungenalveolen gefunden haben.

Fast alle anderen Beobachter hingegen, wie Kölliker, Harting, Adriani, Schultz, Williams beschreiben ein die Alveolen deutlich auskleidendes Pflasterepithelium. Adriani in seiner bekannten Dissertation sagt Folgendes: „Alveoli constant membrana subtilissima structura, quae autem „membrana mucosa tegitur epithelio pavimentoso admodum „pellucido, in quo potissimum ope acidi acetici nuclei con„spiciuntur; propter singularem autem pelluciditatem saepe dif„ficile est, illud epithelium rite distinguere. Cellulae conicae „ciliatae, quae in bronchiolis minutis adhuc conspiciuntur, in „alveolis penitus deficiunt; haec membrana cum epithelio „pavimentoso obtegit vasa sanguifera per alveolorum parietes „ducta; propter singularem tenuitatem imbibitio atque ab„sorptio per hanc membranulam facillime perfici posse in„telligitur.“

Zugleich theilt Adriani eine Abbildung des Alveolarepithels nach Schröder v. d. Kolk mit, worauf ich unten noch einmal zurückkommen werde.

Kölliker giebt an, das Epithelium der Lungenbläschen sei eine einfache Lage polygonaler pflasterförmiger Zellen von 0,005—0,007‴ Durchmesser, 0,003—0,004‴ Dicke; nach seiner Beschreibung sollen dieselben in der Lunge des Menschen äusserst leicht abfallen und alsdann frei in den Lungenbläschen und feinsten Bronchien liegen; doch kann man nach ihm fast in jeder Lunge, wenigstens in einzelnen Alveolen, noch viele Zellen in situ antreffen und bei frisch getödteten Thieren soll die Beobachtung der Lagerung derselben nicht die geringsten Schwierigkeiten darbieten.

Aus diesem kurzen Resumé von Mittheilungen über den fraglichen Gegenstand, die von den genannten Beobachtern geliefert worden sind, ersehen wir bereits, wie sehr die Meinungen in Bezug auf das Vorhandensein des genannten

Epitheliums von einander abweichen. Es ist aber in der That nicht leicht, eine Entscheidung für oder gegen das Vorkommen von Epithelialzellen an der genannten Stelle zu treffen, zumal wenn man, wie dies fast immer geschehen ist, die Untersuchung ohne Weiteres an frischen, nicht eigens dazu präparirten Lungen vornimmt; es treffen hier nämlich mehrere Umstände zusammen, welche die klare Anschauung der einzelnen Gewebstheile undeutlich machen und zu unrichtigen Ansichten Veranlassung geben können.

Vor Allem glaube ich hervorheben zu müssen, dass das Flimmerepithelium, welches die gröberen luftzuführenden Wege auskleidet, nicht, wie Kölliker und Andere angeben, bis in die feinsten Bronchien sich erstreckt, um da erst einem Pflasterepithelium der Alveolen zu weichen, sondern dass die letzten Verzweigungen der Bronchien von einem ganz vollkommenen Pflasterepithelium überzogen sind. Auf diesen Umstand hat zuerst Reinhardt aufmerksam gemacht; er fand die feineren Bronchien der Kuhlunge von einem sogenannten Uebergangsepithelium bekleidet. Dasselbe giebt auch Gerlach in seinem Handbuche der Gewebelehre an. Auf feinen Schnitten einer frischen Lunge ist dies Verhalten des Bronchialepitheliums allerdings schwer zu erkennen, da man hier nur selten wohl einen feineren Bronchus in seinem längeren Verlaufe überblicken wird; nimmt man dagegen eine Lunge, deren Lufträume mit einer durchsichtigen indifferenten Masse erfüllt worden sind, so wird man dieses Pflasterepithelium der feinsten Bronchien nie vermissen. Fast in jedem feinen Schnitte des auf diese Weise präparirten Lungentheils, besonders wenn die Schnittfläche eine ausgedehntere ist, überschaut man alsdann den Verlauf von einem oder mehreren capillären Bronchien, man sieht dieselben inmitten der Gruppe von Alveolen hinziehen, denen sie Luft zu bringen bestimmt sind. Diese einschichtige Lage der Zellen sieht man besonders gut an einem querdurchschnittenen Bronchus, dessen Rand alsdann von einem Saume durchschnittener platter Epithelzellen umgeben ist. An den Stellen, an welchen das Gewebe der feinen Bronchialzweige sich aufzulösen beginnt, um in die Wandungen der Alveolen überzugehen, werden die Zellen rarer, sie lagern nicht mehr, wie in der früheren Anordnung, eine an der anderen an. Auf dies Verhalten des Bronchialepitheliums, besonders auf die Art seines Aufhörens, muss ich indess unten wieder zurückkommen bei der Erörterung der Frage, ob auch die Alveolen ein solches Epithelium besitzen oder nicht.

(Zu der erwähnten Injection eignet sich am besten die ungefärbte Lösung von feinem Leim; wenn man diese Masse vorsichtig injicirt, wird man die beschriebene Anordnung des Bronchialepitheliums deutlich erkennen. Dass diese Masse etwa in den Alveolen sich findenden Zellen Eintrag thue, sie unkenntlich mache, kann nicht angenommen werden, da man ja das Epithelium der Bronchialendigungen vollkommen erhalten findet; auch ist diese Substanz so durchsichtig, dass man alle unter ihr liegenden Elemente deutlich erblickt. Die Lungen der Säugethiere und des Menschen verhalten sich in Bezug auf diese Anordnung des Epitheliums ganz gleich.)

Dies Verhalten des Epitheliums in den Enden des luftzuführenden Apparates ist, wie ich glaube, zu wenig beachtet worden; denn gerade dieses hat gewiss zu mehrfach irrigen Anschauungen über das vielgenannte Epithelium der Lungenbläschen geführt. Es leuchtet ein, wie leicht die soeben beschriebenen pflasterförmigen Zellen der capillären Bronchien, durch irgend eine von aussen kommende Einwirkung von ihrem natürlichen Sitze entfernt, in die Lumina der Alveolen verdrängt werden können, wo sie alsdann als Epithelzellen der letzteren erscheinen, die sich von den Wänden abgelöst haben. Es ist ja bekannt, wie häufig diese Pflasterepithelien in den Alveolen von Präparaten vorgefunden werden, die einer frischen Lunge entnommen worden sind; sie sind einfach durch die quetschende Gewalt des schneidenden Instrumentes in die Lungenbläschen vertrieben worden. Denkt man sich aber die Bronchialendigungen mit Flimmerepithelien besetzt, was bleibt dann Anderes übrig, als den Ursprung der freischwimmenden Zellen in den Alveolen zu suchen, die ja nach der Ansicht beinahe aller Beobachter mit solchen Pflasterepithelien überzogen sind?

Auf diese Weise glaube ich die Möglichkeit bewiesen zu haben, dass jene Epithelzellen, die freischwimmend die Alveolen erfüllen, nicht als Elemente der letzteren betrachtet werden dürfen. Nur dann könnten sie für wirkliche Bestandtheile eines Alveolarepitheliums gelten, wenn sie daselbst in ihrer natürlichen Lage und Anordnung — in situ — angetroffen würden. Dies ist aber nie der Fall. Nie habe ich Zellen gesehen, welche wandständig einen Alveolus begrenzt hätten, weder in der Lunge des Menschen, noch in denen frischgetödteter Thiere, wo sie nach Kölliker's Angabe so leicht aufzufinden sind.

Auch hier finden wir wesentliche Unterstützung in der vorhin erwähnten Injection mit durchsichtiger Masse. Das

Balkengewebe der Alveolen zeigt sich alsdann gespannt, die Alveolen selbst sind in ihrem ganzen Umfange zu überschauen und bei der dadurch gewonnenen Festigkeit des Parenchym's lassen sich die feinsten Schnitte nach allen Richtungen ausführen.

Betrachtet man einen solchen Schnitt unter dem Mikroskop, so zeigen die Alveolarränder keine Spur von einer epithelialen Bekleidung, keine Zelle ist auf ihnen zu finden und auch da, wo man die Bodenfläche eines Alveolus zu Gesichte bekommt, sind keine epithelartigen Elemente auf ihm zu erblicken. Höchstens liegen einige Zellen eingekittet in der Injectionsmasse, von welcher sie beim Durchgang durch die Bronchien mitgerissen worden sind. Deutlich zeigt sich dagegen in den querdurchschnittenen letzten Enden der Bronchien jene oben beschriebene einschichtige Lage platter Zellen, die den Rand des Querschnittes mit einem schmalen Saume umgeben.

Wären aber wirklich Epithelzellen in den Alveolen vorhanden, so müssten sie doch bei der Durchsichtigkeit der eingespritzten Masse gesehen werden können, man müsste sie zum mindesten am Rande des Alveolus finden, denn die klebrige Masse würde sie festhalten, zumal da ihnen der Raum zum Entweichen fehlt. Noch ein anderer Umstand spricht gegen die Möglichkeit ihres Vorhandenseins. Schabt man mit der Messerklinge vorsichtig über die Schnittfläche der injicirten Lungenparthie hin und bringt die auf diese Weise gewonnene bröcklige Masse unter das Mikroskop, so findet man theils längliche Stücke der Injectionsmasse, welche die feinen Bronchiolen erfüllt hatten, theils mehr sphärische, aus den Alveolen stammende Stücke. Die Theilchen, welche in den kleinen Bronchien lagen, sind sehr oft ganz und gar von den Pflasterepithelien der letzteren bedeckt, dieselben kleben auf ihrer Oberfläche fest und gewähren ihnen ein schuppiges Aussehen (oft sind aber auch nur die Eindrücke zu sehen, welche jene Epithelzellen in der weichen Masse zurückgelassen haben). Die anderen rundlichen Stücke dagegen, welche die Alveolen erfüllt hatten, zeigen keine Spur von aufklebenden Zellen, sie sind immer frei von solchen und enthalten auch keine von ihnen herrührenden Abdrücke.

Auch in vorsichtig getrockneten Lungen, die zuvor aufgeblasen worden waren, habe ich niemals auch nur eine Spur von Epithelzellen in den Lungenbläschen finden können.

Diese Ergebnisse widersprechen allerdings ganz und gar dem, was wir in den Lehrbüchern der Histologie verzeichnet finden; hier wird das Vorhandensein der in Rede stehenden

Zellen auch nicht im mindesten bezweifelt. Doch kommen noch einige Momente in Betracht, die vielleicht zu Gunsten der eben mitgetheilten Ansicht sprechen dürften. Schon Rainey*) hat in einer späteren Arbeit darauf hingewiesen, wie aus den Angaben und Abbildungen der verschiedenen Beobachter hervorgehe, dass Jeder von ihnen eine Schilderung des fraglichen Epitheliums gegeben habe, die von der des Anderen ganz und gar verschieden sei. Vergleicht man die Abbildung des Alveolarepithels, die Adriani nach Schröder v. d. Kolk mittheilt, mit jenem Epithelium, das in Kölliker's Lehrbuch abgebildet ist, so sieht man deutlich den grossen Unterschied, der zwischen beiden Epithelsorten besteht. Während in Adriani's Abbildung die Lungenbläschen von grossen sphärischen Elementen ausgekleidet erscheinen, die nach des Verfassers Angabe wegen ihrer grossen Durchsichtigkeit schwer zu erkennen sind und erst auf den Zusatz von Essigsäure deutliche Kerne zeigen, besteht das Epithelium von Kölliker aus sehr deutlichen polygonalen Pflasterzellen von gewöhnlicher Grösse mit deutlich sichtbaren Kernen, und nur wegen ihrer grossen Hinfälligkeit sollen diese Zellen nicht immer in allen Alveolen anzutreffen sein. Auch sitzen hier die Zellen nur am Rande der Alveolen, während die Bodenfläche derselben ganz unbedeckt erscheint. Schon allein diese Verschiedenheit in der Beschreibung der betreffenden zelligen Gebilde könnte es zweifelhaft erscheinen lassen, ob das, was als Epithelium beschrieben worden, auch in Wahrheit ein solches ist. Geht man aber ohne vorausgesetzte Meinung bei der Untersuchung des fraglichen Gegenstandes zu Werke, so wird man bald erkennen, was für Elemente der Alveolarwandungen als Epithelien derselben angesehen worden sind. Bekanntlich sind die Lungenbläschen von einem ausserordentlich dichten Netze von Capillargefässen umsponnen, so dass, wie man besonders bei Injectionen der Gefässe sehen kann, ausser denselben nur weniges Zwischenbindegewebe die einzelnen Alveolen von einander trennt. Die zahlreichen Kerne dieser Capillargefässe treten auf den Zusatz von Essigsäure sehr deutlich hervor und hat man gerade den Boden eines Alveolus vor sich, so sieht man eine grosse Menge von Kernen in regelloser Ordnung zerstreut auf diesem Theile der Alveolarwandung aufliegen. Man gewinnt alsdann ein Bild, das dem von Adriani mitgetheilten vollkommen ähnlich ist.

---

*) British and foreign medico-chirurgical review. Vol. XVI. 1855.

Jene soeben angedeutete Anordnung der Capillargefässe in den Wänden der Lungenbläschen hat, wie ich glaube, vor Allem zur Verwechselung mit Epithelialzellen geführt. Die feinen Gefässe laufen nämlich nicht glatt an den Alveoluswänden dahin, eingebettet in das sie zusammenhaltende Zwischenbindegewebe, sondern sie treten vielfach unter das Niveau der Wandung hervor, meist indem sie schlingenförmig in den freien Raum des Alveolus vorspringen, um alsdann wieder zu der Stelle zurückzukehren, von wo aus sie ihren ebenen Verlauf verlassen hatten.

Dies eigenthümliche Verhalten der Gefässe sieht man besonders gut an dem Rande eines Alveolus, an dessen innerem Saume die Capillarschlingen hervorragen und daselbst knopfförmige Ausbuchtungen bilden; zuweilen zeigt sich der ganze Rand von diesen Knöpfen dicht besetzt, einer an dem anderen anliegend. Dazu kommt noch, dass in jeder dieser Ausbuchtungen ein oder mehrere Kerne liegen, und so gewinnt denn diese eigenthümliche Anordnung der Capillaren in der That eine sehr grosse Aehnlichkeit mit Epithelzellen, welche den Rand der Lungenbläschen besetzt halten. Die zuführenden Capillaren sieht man bei verschiedener Einstellung des Focus deutlich durch das Zwischengewebe durchschimmern, indem sie die Richtung nach dem Lumen des Alveolus hin einschlagen. An manchen Alveolen zeigt sich der ganze Rand auf diese Weise umsäumt, in anderen dagegen nur ein Theil, und zuweilen sieht man nur eine einzige Schlinge herausragen. Auch kommt es vor, dass ein feines Gefäss sich mit seiner Längsaxe ganz an den Rand des Alveolus anlegt, daselbst eine längere oder kürzere Strecke verläuft und wieder zurückbiegt.

Bei abnormen Verhältnissen, die eine Stauung des Blutes in den Gefässen der Lunge im Gefolge haben, so besonders bei Klappenleiden des linken Herzens, werden diese schlingenförmigen Vorsprünge der Capillaren, wie Buhl*) jüngst gezeigt hat, varikös ausgedehnt, sie bilden rosenkranzähnliche Ectasien; ja einzelne Schlingen ragen dann zuweilen bis in die Mitte der Alveolarhöhle hinein. Aber man kann sich leicht überzeugen, dass die Grundformen dieser krankhaften Ausbuchtungen in jeder normalen Lunge anzutreffen sind. Sowohl beim Menschen, als bei allen Säugethieren, besonders wenn man die Lunge derselben unmittelbar nach dem Tode unter-

*) Buhl, über Ectasien der Lungencapillaren. Virchow's Archiv. Band 16.

sucht, wo die Gefässe noch unter einem gewissen Grade von Spannung stehen und noch nicht collabirt sind, wird man diesen Verlauf der Capillargefässe nie vermissen und wird zugestehen müssen, dass die Umgrenzung, welche auf diese Weise um einen Alveolus herum gebildet wird, in der That grosse Aehnlichkeit mit einer Reihe an einander liegender Epithelzellen hat. Aber einerseits sieht man ganz deutlich die zu den Capillarschlingen hinführenden Gefässe im Zwischenbindegewebe verlaufen, und andererseits ist an diesen knopfförmigen Hervorragungen immer sehr deutlich ein doppelter Contur wahrzunehmen. Auch sind diese nicht an allen Stellen so regelmässig an einander gelagert, wie dies bei Epithelzellen der Fall ist; so springt z. B. öfters eine Schlinge weiter in das Lumen des Alveolus hervor, während die übrigen näher am Rande bleiben und minder grosse Excursionen machen. Indess oft genug findet man Alveolen, deren Ränder ganz und gar von diesen knopfförmigen Ausbuchtungen umfasst sind.

Eine Andeutung dieses merkwürdigen Gefässverlaufes findet sich schon in dem oben citirten Aufsatz von Rainey. Auch Todd und Bowman (Physiological Anatomy) haben ähnliche Vorsprünge von Capillargefässen beschrieben.

Diese Angaben beweisen wohl hinlänglich, dass das vielbeschriebene Pflasterepithelium der Lungenalveolen in Wahrheit nicht vorhanden ist, dass vielmehr die Capillargefässe frei und ohne deckende Hülle in die Höhlung der Lungenbläschen hineinschauen, wo dann der Gasaustausch des Blutes mit grosser Leichtigkeit vor sich gehen kann, indem die Luft nur durch die feine Membran der Capillargefässe von dem Inhalte derselben getrennt wird.

Gewiss wird man hier die Frage aufwerfen, auf welche Weise denn auf einmal das Epithelium, das wir bis in die feinsten Bronchialverzweigungen verfolgen, zu existiren aufhört? Die Untersuchung dieses fraglichen Punktes ist nicht leicht, denn nur selten bekommt man eine Stelle zu Gesicht, die als wirkliche Endigung des Bronchialepitheliums angesehen werden kann. Doch wird man unter vielen Präparaten immer einige finden, an denen man sich von dem wirklichen Aufhören der Epithelzellen überzeugen kann. Wie schon oben angedeutet worden ist, werden diese Zellen spärlicher, je näher der feine Bronchus seinem Endpunkte zueilt, und da, wo sein Gewebe in die Wände der Lungenbläschen übergeht, sind nur noch wenige Epithelien vorhanden. Dieselben liegen daselbst vereinzelt, berühren sich nicht mehr wie früher und verschwinden endlich gänzlich. Freilich erstrecken sich diese

rar gewordenen Epithelzellen noch auf die Alveolarwandungen, welche ihr Gewebe direct aus dem des Bronchiolus herleiten, während die ferner liegenden auch nicht einmal mehr von vereinzelten Zellen bedeckt sind. Jedoch kann man diese Theile des Alveolargewebes eben so gut als zum Bronchus gehörend ansehen, da sie ja unmittelbar aus seiner Wand hervorgehen.

Die
kernähnlichen Gebilde des Muskelprimitivbündels.

Von

Dr. **Ph. Steffan.**

(Hierzu Taf. III. u. IV.)

Literatur.

A. Kölliker, Handbuch der Gewebelehre des Menschen. 2. Aufl. Leipzig 1855.

J. Gerlach, Handbuch der Gewebelehre des menschlichen Körpers. 2. Aufl. Mainz 1854.

R. Virchow, Die Cellularpathologie in ihrer Begründung auf physiologische und pathologische Gewebelehre. 2. Aufl. Berlin 1859.

F. Leydig, Lehrbuch der Histologie des Menschen und der Thiere. Frankfurt a. M. 1857.

F. Leydig, Ueber Tastkörperchen und Muskelstruktur, in Müller's Archiv für Anatomie, Physiologie und wissenschaftliche Medicin. Jahrg. 1856. Berlin.

A. Kölliker, Einige Bemerkungen über die Endigungen der Hautnerven und den Bau der Muskeln, in Siebold und Kölliker's Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie. 3. Heft des 8. Bandes. Leipzig 1856.

A. Rollett, Untersuchungen zur näheren Kenntniss des Baues der quergestreiften Muskelfasern, in den Sitzungsberichten der mathematisch-naturwissenschaftlichen Klasse der kaiserl. Akad. der Wissenschaften. 2. Heft des 24. Bandes. Wien 1857.

H. Welcker, Bemerkungen zur Mikrographie: II. Ueber elastische Faser, Muskelfaser und Darmepithel, in Henle und Pfeuffer's Zeitschrift für rationelle Medicin. Neue Folge. 8. Bd. Heidelberg und Leipzig 1857.

A. Böttcher, Ueber Ernährung und Zerfall der Muskelfasern, in R. Virchow's Archiv für pathologische Anatomie und Physiologie und für klinische Medicin. Neue Folge. 3. Bandes 2. und 3. Heft. Berlin 1858.

C. O. Weber, Zur Entwicklungsgeschichte des Eiters, ebendaselbst. Neue Folge. 5. Bandes 5. u. 6. Heft. Berlin 1859.

H. Frey, Histologie und Histochemie des Menschen. Leipzig 1859.

Nach Kölliker finden sich an der Innenseite des Sarkolemma's constant Kerne*) in grosser Anzahl von Linsen- oder Spindelform, häufig mit Nukleolis von 0,003—0,005‴ Länge, ohne gesetzmässige Stellung. Nach Zusatz von Natron caust. werde in vielen Fällen der Inhalt der Muskelröhren so flüssig, dass derselbe in anhaltendem Strome sammt den Kernen aus denselben herausquelle.

Nach Gerlach sind in die Substanz der strukturlosen Scheidenmembran in gewissen Entfernungen körnige Zellenkerne eingelagert, welche grossentheils eine längliche oft unregelmässige Gestalt haben; bei den meisten dieser Kerne entspricht der Längendurchmesser der Längenaxe des Muskelfadens. Gerlach leugnet das Vorkommen von Zellenkernen in der ausgeflossenen, aufgelösten Substanz der Knötchenfibrillen, behauptet dagegen, jene Kerne erschienen nach Neutralisation des Alkali's durch Essigsäure in grosser Anzahl in dem Sarkolemma wieder.

Nach Virchow zeigen sich nach Behandlung mit Essigsäure an der Wand der quergestreiften Muskelprimitivbündel, hie und da auch mehr gegen die Mitte hin Kerne, die ziemlich gross sind, meistens grosse Kernkörperchen enthalten, bald in grösserer, bald in kleinerer Zahl. Nach ihm gehören die Kerne dem Inhalte, nicht der Hülle der Muskelprimitivbündel an.

Leydig giebt innerhalb des Muskelprimitivbündels ein feines Kanal- und Lückensystem an, das analog den Virchow'schen Körperchen im Bindegewebe die contraktile quergestreifte Muskelsubstanz durchzieht. Was Kölliker als Querschnitte der Fibrillen, Bowman als Querschnitte seiner Sarcous elements deutet, ist nach Leydig der Querschnitt jenes Kanal- und Lückensystems. Die die Fibrillen von Kölliker oder Sarcous elements von Bowman verkittende Zwischensubstanz ist nach Leydig die contraktile quergestreifte Muskelsubstanz (Leydig's Primitivcylinder innerhalb der Primitivbündel). Innerhalb der länglich strahligen Lücken des das Primitivbündel durchziehenden Kanal- und Lückensystems, sagt Leydig, erblickt man zuweilen noch Kernrudimente und zwar am constantesten zunächst der Oberfläche des Sarkolemma's.

*) Nach Rollett war Schwann der erste, der auf die Kerne der Muskelfasern — ebenso wie auf ihre fibrilläre Zusammensetzung und das Sarkolemma — aufmerksam machte, vergl. Schwann's mikroskopische Untersuchungen über die Uebereinstimmung der Struktur und des Wachsthums der Thiere und Pflanzen. Berlin 1859. S. 168.

Kölliker verwirft Leydig's neue Entdeckung und bestätigt nochmals seine obige Ansicht von den Kernen der Muskelfaser, sowie auch seine übrige Lehre vom Bau des quergestreiften Muskelprimitivbündels. Nach ihm sind Leydig's gezacktrandige Hohlräume nichts anderes, als die längstbekannten Kerne der Muskelprimitivbündel in einem geschrumpften Zustande, die Leydig's Hohlräume verbindenden Kanäle beruhen auf einer besonderen Zwischensubstanz in Gestalt von reihenweise gestellten blassen Körnchen, die nach Essigsäurezusatz als feine, kernfaserartige Streifen zum Vorschein kommen.

Rollett stimmt mit Leydig's Kanal- und Lückensystem mit den stellenweise darin vertheilten Kernen vollkommen überein, nur tadelt er Leydig's Vergleich jener Spalten des Primitivbündels mit Bindegewebskörperchen, einmal weil die Natur dieser Körperchen noch streitig sei, und zweitens weil nur dann und wann einmal der Vergleich zutreffe, wenn gerade durch einen Kern eine Spalte der Muskelfaser besonders ausgeweitet sei.

Welcker schliesst sich der Lehre von der fibrillären Zusammensetzung der Muskelprimitivbündel an und weist in den seither als „Kerne" theilweise gekannten Gebilden ein neben den Fibrillen das Innere des Muskelprimitivbündels durchsetzendes, sehr reiches System saftführender Hohlräume nach. Diese Hohlräume werden nach ihm von Zellen gebildet, welche zahlreiche, die einzelnen Zellen verbindende Ausläufer besitzen, und nennt er sie analog den Knochenkörperchen „Muskelkörperchen."

Böttcher führt den Beweis, dass die bekannten Kerne der Muskelprimitivbündel Bindegewebszellen angehören, dass diese Bindegewebszellen unter einander durch ein Kanalsystem in Verbindung stehen, dass ferner dieses Kanalsystem des Muskels unmittelbar in das der Sehne sich fortsetzt. Nach Böttcher ist also das Muskelprimitivbündel von einem von eigenen Wandungen umkleideten Röhrensystem, das zahlreiche zellige Elemente (Bindegewebszellen) eingestreut enthält, durchzogen. Von der Existenz eines solchen Röhrensystems mit seinen Bindegewebszellen hängt, wie die Ernährung des Bindegewebes, so auch die des Muskelgewebes ab.

C. O. Weber schliesst sich Böttcher vollkommen an, indem er erklärt, dass die sogenannten Muskelkerne offenbar die Kerne von anastomosirenden, die Muskelprimitivbündel durchziehenden und umspinnenden Bindegewebszellen mit äusserst zarter Wand sind.

Frey sagt: „Der Innenfläche des Sarkolemma's angelagert trifft man ein System rundlicher und ovaler oder auch spindelförmiger Kerne von 0,00333—0,005‴ Grösse mit deutlichen Kernkörperchen. Durch Essigsäure vermögen sich diese Nuklei zu schlängeln oder zackig zu gestalten. Ihre Zahl ist nicht unbedeutend, die Stellung bald eine regellose, bald mehr alternirende. Nur in den Herzmuskelfäden kommen neben peripherischen Kernbildungen auch solche in den Axentheilen vor. Bei anderen Thieren, wie z. B. dem Frosch, liegen die Nuklei in allen Tiefen des Fadens.“ Weiter sagt Frey, das reihenförmige Vorkommen von Fettmolekülen in den Muskelprimitivbündeln erwähnend: „Man wird an ein System kanalartiger Lücken, welches die Nuklei und die Fettmoleküle beherbergt, hier zunächst denken müssen (Kölliker), da ein Vorkommen von Bindegewebskörperchen und elastischen Röhren, wie Leydig annimmt, kaum mit der Zartheit des Muskelfadens und dessen Entwicklungsgeschichte zu vereinbaren ist. Doch habe ich an Schnittenden von mit salzsäurehaltigem Wasser behandelten Muskelfäden häufig ein System höchst feiner Röhren zum Theil mit Fettmolekülen im Innern isoliren können; sie erscheinen als dunklere etwa 0,00033‴ messende Fäden.“

Nachdem ich so die verschiedenen Ansichten der Autoren über den fraglichen Gegenstand vorausgeschickt habe, fragt es sich: Wie ist es möglich, über so zarte Strukturverhältnisse klar zu werden? Es giebt, will man sich in noch unsicheren und streitigen histologischen Fragen ein Urtheil bilden, nur einen Weg, der zum Ziele führt, das ist die Untersuchung des frischen, unmittelbar vom lebenden Thiere genommenen Gewebes mit Vermeidung aller Zuthaten, die irgendwie das Bild des frischen Gewebes stören könnten, und hierher ist genau genommen das Wasser schon zu rechnen. Die besten Untersuchungsflüssigkeiten liefert der Organismus selbst in Form von Blutserum oder Humor aqueus, oder man bedient sich einer Eiweisslösung. Nichts kann für die Histologie schädlicher sein, als der unumschränkte Gebrauch von Reagentien. Wenn man aus mikroskopischen Bildern, die durch Einwirkung aller möglichen chemischen Stoffe auf das todte Körpergewebe erzeugt sind — und dass hier die energischsten Chemikalien, wie Salpetersäure, Salzsäure, die Alkalien u. s. f., also Stoffe, die als Aetzmittel das lebende Gewebe zu zerstören im Stande sind, in Anwendung kommen, ist bekannt — ein Urtheil über die histologische Struktur eines Gewebes fällt, ist damit auch die Struktur des

Gewebes im lebenden Organismus erwiesen? Meiner Meinung nach durchaus nicht; denn wer kann bei unserer Unkenntniss der chemischen Constitution thierischer Gewebe abmessen, wie weit ein durch Beifügung eines Reagenzes erzeugtes mikroskopisches Bild auf Rechnung des Reagenzes kommt, wie weit es durch die zu erforschende wahre Struktur des Gewebes bedingt ist? Sucht man für irgend eine vorgefasste Meinung unter dem Mikroskop Bilder, die dieselbe bestätigen sollen, so wird man nie vergebens danach suchen, man muss nur die richtigen Reagentien treffen; mit Hülfe von Reagentien lässt sich unter dem Mikroskop alles beweisen. Damit soll jedoch nicht gesagt sein, dass Reagentien beim Mikroskopiren überhaupt nicht angewendet werden sollen; allein jedem Gebrauche von Reagentien muss die genaue Untersuchung des möglichst frisch vom lebenden Thiere genommenen Gewebes mittelst Blutserum u. s. f. (s. oben) vorausgehen; erst dann lässt sich die Wirkung von Reagentien einigermaassen abmessen, indem man stets das Bild des frisch ohne Reagenz untersuchten Gewebes dabei vor Augen hat und stets daran denkt, dass durch Reagentien künstlich erzeugte Bilder nie beweisen können, was nicht schon das frisch untersuchte Gewebe, wenn auch nicht so deutlich, gezeigt hat. Nur bei diesen Principien, und wenn man ausserdem vollständig vorurtheilsfrei, nicht in der Weise, dass man unterm Mikroskop die Bestätigung für irgend eine vorgefasste Meinung sucht, sondern, um Anderer Ansichten unbekümmert, durch das Mikroskop sich erst ein eigenes Urtheil bilden will, wird man histologische Fragen richtig zu lösen vermögen. So lange mir nicht dieser Weg der histologischen Untersuchung als der einzig richtige klar wurde, tappte ich stets im Dunkeln herum, fand Bilder, die für die Ansicht der Einen, wie solche, die für die Ansicht der Anderen sprachen, ohne selbst eine klare Anschauung zu bekommen. Erst von dem Zeitpunkte an, wo ich, alle Reagentien bei Seite lassend, das frische, noch lebendige Muskelgewebe untersuchte und die so erhaltenen Bilder als Basis für die weitere Untersuchung aufstellte, vermochte ich das Wahre vom Falschen zu trennen und zu einem eigenen Urtheil zu kommen. Um mit Bequemlichkeit lebendige Muskeln untersuchen zu können, musste ich natürlich zu den Kaltblütern meine Zuflucht nehmen, deren Muskeln überhaupt, wie der weitere Verlauf dieser Arbeit lehren wird, allein geeignet sind, über die in Rede stehenden Gebilde in's Reine zu kommen. Folgendes sind die zunächst am Froschmuskel gewonnenen Resultate.

Untersucht man vom lebenden Frosch genommene Muskelfasern in Eiweiss, so sieht man von den Kerngebilden, wie sie Kölliker, Gerlach, Virchow, Frey und andere angeben und abbilden, keine Spur, und könnte man daher auf den ersten Blick leicht zu der Meinung kommen, an frischen Muskeln sei überhaupt von ihnen nichts sichtbar; allein ein sorgfältiges Durchsehen des Objektes wird bald eines Besseren belehren, und hat man sich nur einmal an ihr Aussehen gewöhnt, so findet man sie stets ohne grosse Schwierigkeit wieder. Sie stellen am lebenden Muskel langgezogene, schmale, spindelförmige, einfach conturirte, vollkommen homogen aussehende Gebilde dar, deren beiderseitige Enden, allmählich spitz zulaufend, schliesslich in einen einfachen, dunklen Strich ausgehen, der sich mehr oder weniger weit in der Längsrichtung der Primitivfaser verfolgen lässt (Taf. III. Fig. 1). An manchen Fasern kann man nichts von ihnen entdecken, an vielen aber sieht man sie in der beschriebenen Weise. Ausserdem sieht man an der frischen Muskelfaser stets die bekannte Querstreifung, eine zarte, aber deutliche Längsstreifung und die äussere, vom Sarkolemma bedingte Abgrenzung des Muskelprimitivbündels. Was lehrt nun der Querschnitt des Muskelprimitivbündels? Leider ist es nicht möglich, vom frischen Muskel feine Querschnitte zu erhalten, und muss man daher seine Zuflucht zu einer Methode nehmen, die dies erlaubt, ohne das Bild des frischen Gewebes viel zu alteriren. Man trocknet zu diesem Zwecke den frischen Muskel, bis er eine Härte erreicht hat, die feine Schnitte erlaubt, und weicht den so erhaltenen Schnitt in Wasser wieder auf. Solche Querschnitte zeigen, mitten in die contraktile Substanz einer Muskelfaser eingelagert, und nur höchst selten und ausnahmsweise einmal am Sarkolemma, meist runde oder ovale, seltener etwas eckige, einfach conturirte, vollkommen homogene, meist im Centrum bei gewisser Einstellung ein dunkles Pünktchen zeigende Gebilde, die Querschnitte jener spindelförmigen Elemente der Muskelfaser in der Längenlage (Taf. III. Fig. 2). Welcker giebt ihre Zahl für ein mittelstarkes Bündel zu 16 an*). Ausserdem zeigt der Querschnitt als zarte, deutliche Ringelchen die Durchschnitte der Fibrillen oder Sarcous elements, ferner eine Anzahl schärfer hervorstechender schwarzer Ringelchen, auf die ich später zurückkommen werde, und rings den Querschnitt des Primitivbündels umschliessend das Sarkolemma. Wie Leydig das

*) Welcker a. a. O. S. 229 und 232.

Vorhandensein von Durchschnitten der Fibrillen oder Sarcous elements auf Muskelquerschnitten, und noch dazu während er doch selbst seine Primitivcylinder in den Primitivbündeln als aus Sarcous elements bestehend beschreibt*), leugnen will, ist mir unbegreiflich.

Nachdem ich mir genau diese Bilder, wie sie der frische Muskel zeigt, eingeprägt hatte, schritt ich zu einem vorsichtigen Gebrauch von Reagentien, zunächst der Essigsäure. Lässt man unter dem Mikroskop auf die frische Muskelfaser in Eiweiss Essigsäure einwirken, so bringt diese Säure zunächst eine Gerinnung im Eiweiss hervor, und kann, dadurch in ihrem Weiterrücken gegen die Muskelfasern hin aufgehalten, nur ganz allmählich auf letztere einwirken, was den grossen Vortheil gewährt, die Wirkung der Essigsäure Schritt für Schritt verfolgen zu können. Es treten nun zunächst die beschriebenen spindelförmigen Gebilde klar und in grösserer Anzahl als vor Einwirkung der Essigsäure hervor; ihre Gestalt ist auch jetzt noch die langgezogene Spindelform, nach beiden Seiten in einen schwarzen Strich auslaufend, und lässt sich nicht selten diese dunkle Linie der Länge der Muskelfaser entlang, zwei und drei solche spindelförmige Elemente verbindend, verfolgen. Erst bei weiterer Einwirkung der Essigsäure, oder wenn man dieselbe von Anfang an energisch und ohne Vorsicht anwendet, sieht man die Spindelform in eine mehr ovale bis runde oder auch zackige Gestalt übergehen, wie sie Kölliker, Gerlach, Virchow, Frey und andere beschreiben (Taf. III. Fig. 3 *a* u. *b*). An der Abrissstelle einer Faser quillt stets die contraktile Substanz sammt den kernartigen Elementen über das Sarkolemma hervor. Der Grund des deutlichen Hervortretens nach Einwirkung von Essigsäure ist nicht etwa der, den Virchow angiebt, „weil Essigsäure die contraktile Substanz kläre**);“ die contraktile Substanz ist am frischen Muskel klar genug, um in ihr eingelagerte, oder, wie in Virchow's Fall, nur auf ihr aufliegende Gebilde erkennen zu lassen; der wahre Grund, wie ihn auch Welcker ganz richtig andeutet***), ist vielmehr der, dass jene homogene, wasserhelle, spindelförmige Masse des frischen Muskels durch Einwirkung der Säure coagulirt, und während sie früher bei gleichem Lichtbrechungsvermögen mit der

*) Leydig's Lehrbuch der Histologie des Menschen und der Thiere. S. 44. §. 45 ff.

**) Virchow a. a. O. S. 47.

***) Welcker a. a. O. S. 229.

umgebenden contraktilen Substanz nur wenig hervorleuchtete, daher auch nicht überall wahrnehmbar war, jetzt von der Umgebung scharf absticht und daher auch allerwärts klar in die Augen fällt. Behandelt man den vom getrockneten frischen Muskel erhaltenen, mit Wasser wieder aufgeweichten Querschnitt mit Essigsäure, so quillt derselbe alsbald bedeutend an, die früher meist runden Durchschnitte der Spindelgebilde an der Längsfaser werden eckig und zackig, zugleich etwas grösser, haben ein ganz homogenes, einfach conturirtes Aussehen, die Fibrillendurchschnitte drängen aufquellend gegen einander und werden dadurch polygonal, jene schwarzen Ringelchen sind sehr deutlich, und eine geringe, die einzelnen Fibrillen verklebende Zwischensubstanz lässt, den Conturen der polygonal gewordenen Fibrillendurchschnitte folgend, innerhalb des Sarkolemma's ein feines Netzwerk heller Linien erkennen, das Aussehen gewährend, als seien die schwarzen Ringelchen und die grösseren eckigen Gebilde des Muskelfaserquerschnittes durch ein Netzwerk feiner Ausläufer verbunden (Taf. III. Fig. 4), und hüte man sich hier wohl vor einer solchen Täuschung.

Sehen wir nun weiter zu, welches Aussehen die fraglichen Gebilde nach Anwendung der Gerlach'schen Färbemethode gewähren. Legt man eine frische Muskelfaser 24 Stunden in Farbstoff, so lässt die mit Farbstoff imbibirte Faser längsovale blasse Gebilde erkennen, von denen sich wieder mehr oder weniger deutlich dunkle Linien, in der Längsrichtung der Faser abgehend, verfolgen lassen (Taf. III. Fig. 5 *a*). Es sind dies jene spindelförmigen Körper der frischen Faser, nur durch Aufsaugung gefärbter Flüssigkeit zur Ovalform aufgequollen und eben darum nur blass conturirt, wie ich schon an Fig. 3 *b* auf Taf. III. veranschaulicht habe, wo ebenfalls die ursprüngliche Spindelform, durch längere Einwirkung der Essigsäure zur Ovalform aufgequollen, darum blassere Conturen zeigt. Lässt man Essigsäure auf die gefärbte Faser einwirken, so erhalten die vorher längsovalen Körper durch Aufquellen der contraktilen Substanz zunächst wieder ihre natürliche langgezogene Spindelform und treten zugleich, während die Umgebung blasser roth wird, dunkel roth gefärbt scharf hervor (Taf. III. Fig. 5 *b*); erst nach längerer Einwirkung von Essigsäure wird die Spindelform wieder mehr ovalär, ohne ihre dunkelrothe Färbung zu verlieren (Taf. III. Fig. 5 *c*). Fig. 6 *a* auf Taf. III. stellt den Querschnitt zu Fig. 5 *a* derselben Tafel und Fig. 6 *b* auf Taf. III. den zu Fig. 5 *b* u. *c* derselben Tafel dar, d. h. erstere Figur den gefärbten Querschnitt der Muskel-

faser ohne weiteres Reagenz, letztere Figur denselben mit Essigsäure, und bedarf es nach dem eben über die gefärbte Muskelfaser Gesagten und bei Vergleich mit Fig. 2 und 4 auf Taf. III. keiner weiteren Erläuterung zu diesen Figuren. Als sehr wichtig und wohl zu berücksichtigen habe ich noch die Fig. 6*c* auf Taf. III. beigefügt; sie stellt Fig. 6*b* derselben Tafel nach längerer Einwirkung von Essigsäure dar: der Querschnitt der Faser ist bedeutend aufgequollen und eben so die Querschnitte der spindelförmigen Gebilde der frischen Längsfaser, während der Farbstoff in letzteren seine alte Form unverändert beibehalten hat und so den Anschein eines dunkelroth gefärbten Kernes innerhalb eines ungefärbt gebliebenen, eckigen Zellenraumes vortäuscht; nimmt man noch die Ueberreste jenes Netzwerkes von Linien (vergleiche das früher darüber Gesagte) hinzu, so sieht man leicht ein, wie ein unvorsichtiger Beobachter den vermeintlichen eckigen Zellen auch Ausläufer zuertheilen kann. Ich lege darum auf diese Figur grosses Gewicht, weil sie lehren kann, wie sehr auch die Färbmethode zu Täuschungen führen kann, wenn sie nicht mit Vorsicht gebraucht wird und man sich nicht genau in jedem betreffenden Falle Rechenschaft darüber ablegt, wieviel von dem erhaltenen mikroskopischen Bilde auf Rechnung der gebrauchten Reagentien kommt.

Ich füge hier noch eine zweite Methode der Färbung hinzu, nämlich mit der Gerlach'schen Injectionsmasse (carminsaures Ammoniak mit Gelatin), so lange dieselbe flüssig ist. Legt man frische Muskelfasern in diese flüssige Masse, so dringt sie sehr rasch in die Spindelgebilde des Muskels ein, treibt dieselben wieder zur Ovalform aus einander, gerinnt dann beim Kaltwerden in denselben in Gestalt dunkelrother Körnchen, wodurch die fraglichen Gebilde sehr scharf hervortreten, um so mehr, als das umgebende contraktile Gewebe sich gar nicht färbt (Taf. III. Fig. 7; Fig. 8 derselben Tafel ist der Querschnitt dazu). Ausser diesem letzteren Vortheil hat diese Färbmethode noch das Gute, dass der Gebrauch von Essigsäure nicht nöthig ist, wie bei der vorigen Färbmethode, wenn man durch diese Gewebselemente dunkelroth hervortreten lassen will.

Ausserdem muss ich hier noch einige Bilder erwähnen, die ich von Muskeln erhielt, die, frisch in Chromsäure gelegt, einige Monate zur Härtung darin liegen blieben. Merkwürdiger Weise zeigten diese Muskeln, gerade wie das ganz frische Präparat, nur wenige Spindelgebilde mit klar beiderseits in der Längsrichtung davon abgehenden dunklen Linien,

und an manchen Fasern sah man gar nichts davon (Taf. III. Fig. 9), auch gelang es nicht, durch Einwirkung von Essigsäure mehr davon sichtbar zu machen, indem die Chromsäure durch ihre erhärtende Wirkung das natürliche Bild des frischen Muskels so zu sagen so fixirt hatte, dass Essigsäure demselben nichts anhaben konnte. Es sei hiermit die Trefflichkeit verdünnter Chromsäurelösung als Aufbewahrungsflüssigkeit für Gewebe, die man nicht augenblicklich frisch untersuchen kann, hervorgehoben, indem sie das Bild des frischen Gewebes ausgezeichnet erhält. Höchst wichtig war für mich auch der Querschnitt von Muskeln derselben Chromsäurepräparate (Taf. III. Fig. 10). Es zeigte derselbe nämlich nur schwarze Ringelchen und keine grösseren Durchschnittsgebilde, wie ich sie in Fig. 2 u. s. f. derselben Tafel als Querdurchschnitte der Spindelgebilde der Längsfaser gezeichnet habe. Hieraus muss ich nothwendig den Schluss ziehen, dass der Querdurchmesser dieser Gebilde am lebenden Muskel nur gering sein kann, und dass derselbe bei Aufweichen des vom frisch getrockneten Muskel erhaltenen Querschnitts (Taf. III. Fig. 2) über sein normales Lumen am frischen Muskel aufgequollen ist. Zugleich giebt dieser geringe Querdurchmesser der in Rede stehenden Muskelelemente neben dem schon oben angeführten, aus dem gleichen Brechungsverhältniss ihrer und der umgebenden Muskelsubstanz abgeleiteten Grund noch einen zweiten Fingerzeig, warum sie am frischen Muskel nur in beschränktem Maasse sichtbar sind; man sieht eben hier nur solche von sehr günstiger Lage und möglichst weitem Querdurchmesser, während die übrigen erst dann zur Wahrnehmung kommen, wenn durch Essigsäure eine Coagulation hervorgerufen worden ist.

Aus dem bisher Gesagten lässt sich einstweilen so viel schliessen, dass die frische, lebende Muskelfaser eine Anzahl langgezogener, spindelförmiger, sehr schmaler, einfach conturirter Elemente von ganz homogenem Aussehen besitzt, die bei Anwendung von Essigsäure eine Coagulation zeigen und dann eine ovale oder zackige Gestalt annehmen, in Farbstoff zur Ovalform aufquellen, dass ferner die von Kölliker, Gerlach, Virchow, Frey und anderen von denselben Elementen gegebenen Bilder und Beschreibungen solche durch Essigsäure oder Farbstoff vom todten Muskel erhaltene Bilder sind, die, künstlich durch Reagentien erzeugt, dem Bilde des lebenden Muskels nicht entsprechen und als Kunstprodukte zurückzuweisen sind.

Es handelt sich nun darum, nachzuweisen, ob diese Elemente der Muskelfaser eine ihnen eigenthümliche Hülle haben

oder nicht. Ersteres ist sicher dann erwiesen, wenn es gelingt, dieselben als selbstständige Gebilde mit deutlich sichtbarer Hülle zu isoliren. Allein man wird vergebens Zeit und Mühe darauf verwenden, eine solche Isolation zu Stande zu bringen. Durch Zerfasern der Muskelprimitivbündel, und am besten wendet man hier solche an, die kurze Zeit in flüssiger Injectionsmasse gelegen haben (vergl. Taf. III. Fig. 7 u. 8), erreicht man nichts; überall wo ein solches mit Karminkörnchen gefülltes Muskelelement in die Rissstelle fällt, hört sein Contur scharf am Abrissrande der Muskelfaser auf, wie Fig. 7 α u. β auf Taf. III. zeigt; nie, und dies gilt ganz ausnahmslos, lässt sich über die Abrissstelle des Muskels hinaus etwa in Form eines Fetzens oder irgendwie sonst eine Spur einer Hüllenmembran jener Muskelelemente nachweisen. Sucht man dieselben nun dadurch zu isoliren, dass man durch stärkere Chemikalien die umgebende contraktile Substanz auflöst, so ist der Erfolg ein ebenso negativer. In demselben Maasse wie die contraktile Substanz durch Wirkung der Chemikalien bis zu ihrem vollständigen Verschwinden blasser und blasser wird, in ganz demselben Maasse wird der Contur der in ihr liegenden Elemente undeutlicher, bis derselbe schliesslich gleichzeitig mit jener Substanz verschwindet, und nur noch ein Haufe rother Karminkörnchen die Stelle andeutet, wo früher die Spindelgebilde des Muskels lagen. Letztere haben somit keine Hülle.

Wie steht's nun weiter mit einem Kern in ihnen? Ich glaube hierüber bedarf es nicht viel Worte, die Figuren 1, 2, 4, 6, 7, 8 auf Taf. III. geben die Antwort, dass von einem Kerne nichts vorhanden ist; besonders müssten Präparate, wie sie Taf. III. Fig. 7 veranschaulicht, deutlich den Kern in den erweiterten, zuweilen nur wenige rothe Pigmentkörnchen enthaltenden Spindelgebilden erkennen lassen, wäre ein solcher vorhanden; allein davon ist nirgends etwas zu sehen. Alles was von Kernen an der Muskelfaser ausgewachsener Thiere beschrieben wurde, reducirt sich entweder auf ein durch Essigsäure erhaltenes Coagulum oder doch auf Bilder des todten Muskels, in denen durch Aufquellen die Spindelelemente der lebenden Muskelfaser ein ovales, kernähnliches Aussehen erhalten haben.

Wenn somit weder eine eigene Hülle, noch ein Kern an den fraglichen Muskelelementen vorhanden ist, so ist einmal klar, dass es keine Zellen sein können, und zweitens, dass ihre Umwandung von der umgebenden contraktilen Substanz der Muskelfaser, oder da dieselbe meiner Ueberzeugung nach

aus Fibrillen besteht (s. später), von den umgebenden Fibrillen selbst gebildet wird, dass, kurz gesagt, die beschriebenen spindelförmigen Gebilde des lebenden Muskels von einem vollkommen homogenen, durch Essigsäure momentan coagulirbaren Inhalte gefüllte „interfibrilläre Lücken" sind. Einen strikten Beweis dafür giebt Folgendes.

Ich habe bereits erwähnt, dass frische Muskeln, längere Zeit zur Härtung in Chromsäure gelegt, dem frischen Präparat entsprechend nur wenige Spindelgebilde zeigen, und zwar, wie dieselben Präparate lehren, ausser anderen Gründen (vergl. oben) darum, weil ihr Querdurchmesser nur ein geringer ist. Lässt man nun auf solche Chromsäurepräparate ein Reagenz wirken, das die fibrilläre Muskelsubstanz etwas zum Schrumpfen bringt, ohne irgend eine weitere Wirkung auszuüben, und ein solches Reagenz ist Aether, so sieht man alsdann sehr deutlich alle Spindelgebilde des Muskels, sei es noch mehr in ihrer natürlichen Spindelform, und dann sind auch wieder deutlich von ihnen in der Längsrichtung abgehende dunkle Linien sichtbar, sei es mehr in Ovalform vollkommen homogen und einfach conturirt hervortreten. Zerfasert man nun solche Muskelprimitivbündel, was jetzt nach der härtenden Wirkung der Chromsäure nicht schwer ist, so sieht man entweder da, wo ein Längsriss ein Spindelelement trifft, den Riss in eine vollkommen leere Lücke einmünden (Taf. IV. Fig. 1), oder an abgerissenen Längsbruchstücken seitliche Einkerbungen dem halben Contur eines in der Länge gespaltenen Spindelelementes entsprechend hervortreten (dieselbe Figur). Nirgends zeigt sich die Spur eines Kernes, höchstens sieht man in einigen der Lücken einige feine Pünktchen liegen. Dasselbe zeigt eben so schön, vielleicht noch klarer, ein mit Aether behandelter Querschnitt eines in Chromsäure gelegenen Muskels, zumal da wo ein Riss ein Stück vom Querschnitt des Muskelprimitivbündels weggetrennt hat, wie Taf. IV. Fig. 2 besser wie mit Worten zu beschreiben darthut. Eben so klar zeigt ein solcher Querschnitt jene schon früher erwähnten schwarzen Ringelchen.

Hiermit ist so strikt wie möglich der Beweis für die Gegenwart interfibrillärer Lücken im Muskelprimitivbündel an Stelle dessen, was die genannten Autoren Kerne genannt haben, geliefert, und ist nun weiter zu sehen, ob diese interfibrillären Lücken Ausläufer besitzen und durch solche mit einander communiciren oder nicht. Es ist die Entscheidung hierüber, wie leicht einzusehen, ein sehr misslicher Punkt, da man es mit so zarten Verhältnissen zu thun bekommt.

Soviel lässt sich jedoch einstweilen mit Bestimmtheit sagen, dass von Querausläufern nichts vorhanden ist. Nirgends habe ich davon etwas gesehen, und jenes Netzwerk heller Linien, wie es die Figuren 4, 6 *b* und *c* auf Taf. I. veranschaulichen, als von Querausläufern herrührend zu erklären, wäre grosse Täuschung, wie ich hier nicht weiter auseinanderzusetzen habe; seine Entstehungsweise ist früher klar beschrieben worden. Nicht so einfach ist die Entscheidung, ob die interfibrillären Lücken Längsausläufer haben. Ich habe schon mehrfach erwähnt (Taf. III. Fig. 1, 3 *a* und *b*, 5 *a*, *b* u. *c*, 9 und Taf. IV. Fig. 1), dass man von den interfibrillären Lücken wenigstens überall da, wo sie ihre natürliche Spindelform beibehalten haben, beiderseits in der Längsrichtung dunkle Linien auslaufen sieht, die oft mehrere hinter einander liegende Lücken verbinden, ferner, dass Querschnitte stets neben den Fibrillendurchschnitten eine Anzahl deutlich hervortretender dunkler Ringelchen erkennen lassen (Taf. III. Fig. 2, 4, 6 *a*, *b* und *c*, 8, 10, Taf. IV. Fig. 2), und liegt der Schluss nahe, dass diese Ringelchen die Querdurchschnitte jener dunklen Linien sind. Die Richtigkeit dieses Schlusses lässt sich gar nicht in Abrede stellen; allein man kann fragen, wie viele solcher Ringelchen des Querschnitts solchen Linien der Längsfaser entsprechen, die sich nicht als Ausläufer von interfibrillären Lücken verfolgen lassen, — und sicherlich haben die meisten Längslinien des Muskelprimitivbündels gar nichts mit den interfibrillären Lücken zu thun, sondern sind blos der optische Ausdruck aneinanderlagernder Fibrillen, worauf eben die Längsstreifung des Muskelprimitivbündels beruht, — oder ob es gar keine Ringelchen der Art giebt, sondern sie alle nur den von den interfibrillären Lücken auslaufenden Längslinien entsprechen; eine Antwort auf diese Frage weiss ich nicht zu geben, und ist mir auch kein Mittel bekannt, sie zu entscheiden. Eine zweite wichtigere Frage ist die, ob die dunklen Ringelchen des Muskelfaserquerschnitts in der That der Ausdruck eines Kanallumens sind, oder ob sie blos der optische Ausdruck einer Anzahl hier aneinanderstossender Fibrillendurchschnitte in besonders klar hervorstechender Form darstellen und nichts mit einem Kanallumen zu thun haben, somit nicht mehr bedeuten, wie die Längsstreifung des Muskelprimitivbündels am Muskellängsschnitt. In einem Falle kann man sie sehr deutlich als Kanallumina sehen, und zwar ist dies der Querschnitt von in Chromsäure gehärteten Muskelfasern, mit Aether behandelt (Taf. IV. Fig. 2); allein es kann dies auch auf die oben beschriebene Wirkung des Aethers

kommen, und da der lebende frische Muskel keine feinen Querschnitte zulässt, um das Bild des durch Aether erhaltenen Präparates dadurch zu controliren, kann man aus diesem Präparat auch keinen sicheren, für den lebenden Muskel anwendbaren Schluss ziehen. Auch die Färbmethode giebt keinen Aufschluss; legt man frische Muskelfasern in Farbstoff, so imbibiren sich eben nur die interfibrillären Lücken und nie die fraglichen Längsausläufer (Taf. III. Fig. 5 *a*, *b* und *c* und 6 *a*, *b* und *c*); besonders klar zeigen dies die Präparate, bei denen flüssige Injectionsmasse zum Färben benutzt wurde; es finden sich hier die erstarrten Farbstoffkörnchen nur in den interfibrillären Lücken, und auch nicht ein einziges irgend wo in einem Längsausläufer derselben (Taf. III. Fig. 7 u. 8). Allein es wäre auch hier übereilt, wollte man wegen dieses Verhaltens gegen Farbstoff den Längsausläufern der interfibrillären Lücken ein Lumen absprechen; denn es giebt Fälle, wo sich ganz feine Kanälchen und Lücken, mag man sie noch so lange in Farbstoff liegen lassen, doch nicht imbibiren; es wird kein Mensch leugnen, dass an Querschnitten macerirter Knochen in den Knochenhöhlchen und ihren Ausläufern ein feines Kanal- und Lückensystem gegeben ist, das sich voraussichtlich mit grösster Leichtigkeit mit Farbstoff imbibiren sollte; allein der Versuch wiederspricht der gehegten Voraussetzung; es färben sich wohl die Querschnitte der Havers'schen Kanälchen, aber merkwürdiger Weise bleibt das sie umgebende Lückensystem ganz ungefärbt; will man das Lückensystem mit Farbstoff füllen, so muss man den durch lange Maceration aller seiner Weichtheile beraubten Knochen von seinem Centralkanal aus injiciren. Es bleibt somit zur Bestimmung, ob die dunklen Ringelchen des Muskelfaserquerschnitts ein Kanallumen vorstellen oder nicht, nur das optische Aussehen derselben übrig. Wie weit hier die von Welcker gegebenen Einstellregeln *) Aufschluss zu geben vermögen, weiss ich nicht; zwar bezweifle ich nicht im geringsten ihre theoretische Richtigkeit, nur möchten sie sich praktisch darum weniger verwerthen lassen, als man sich bei Betrachtung so feiner Kanallumina, zumal wenn man schon vorher ein Kanallumen zu finden wünscht oder nicht, sehr leicht optisch täuschen kann, und, abgesehen davon, fehlt eben immer der Querschnitt des frischen lebenden Muskels, der allein endgültig entscheiden kann. Aus dem Gesagten geht hervor,

*) Welcker in dieser Zeitschrift. 6. Band. S. 172.

dass unsere derzeitigen Hülfsmittel noch keinen sicheren Schluss darüber erlauben, ob die interfibrillären Lücken des Muskelprimitivbündels hohle Längsausläufer besitzen oder nicht, so wahrscheinlich dies auch Muskelquerschnitte vom Frosch und anderen Kaltblütern machen; nur soviel lässt sich voraussagen, dass, wenn bessere Hülfsmittel vollkommene Sicherheit über solche feine Längskanäle geben werden, auch die Umwandung dieser Kanäle, ebenso wie die der interfibrillären Lücken, nicht von einer eigenen Membran, sondern von den umgebenden Fibrillen selbst gebildet wird; denn bringt man durch Wirkung von Reagentien die umgebende fibrilläre Substanz zum Schwinden, so schwinden auch jene Längsausläufer in ganz gleichem Schritt, und an Abrissenden von Muskelfasern geht nie ihr Contur über die Abrisslinie der Muskelfaser hinaus (vergl. Taf. III. Fig. 3 *a* u. *b*, 5 *a*, *b* u. *c*, 9, Taf. IV. Fig. 1).

Es ist nun hier der Ort, einiges über die Ansichten der Autoren zu reden, die in der Muskelprimitivfaser ein eigenwandiges Kanal- und Lückensystem oder ein anastomosirendes Zellennetz entdeckt zu haben glauben, und die Beweiskraft ihrer dafür gegebenen Gründe näher zu betrachten. Leydig als der erste, der ein Kanal- und Lückensystem in der Muskelfaser angiebt, und dasselbe dem Netzwerk anastomosirender Zellen im Bindegewebe nach Virchow's Lehre an die Seite stellt, gründet diesen Vergleich blos auf die Analogie des Aussehens, ohne sich auf einen strikten Beweis der Identität beider einzulassen; wieviel auf Leydig's Vergleich zu geben ist, sagt am besten Rollett mit den am Anfang dieser Arbeit aus seiner Abhandlung angeführten Worten. Auch Kölliker spricht sich in Siebold und Kölliker's Zeitschrift a. a. O. ganz speciell gegen Leydig's Ansicht aus, zugleich die seinige nochmals bestätigend. Nur habe ich auch hier wieder gegen Kölliker ausdrücklich anzuführen, dass die Bilder, wie er sie an demselben Orte (Taf. XIV. Fig. 1 und 8) von seinen Muskelfaserkernen angiebt, nicht dem lebenden Muskel entsprechen, sondern erst secundär auf die schon mehrmals von mir angegebene Art entstanden sind (vergl. meine Figuren 3 *b*, 5 *a* u. *c*, 7 auf Taf. III.). Das geht auch aus Kölliker's eigenen Figuren hervor; denn in seiner Abbildung (a. a. O. Taf. XIV. Fig. 3), die das Primitivbündel des Frosches frisch in Humor aqueus darstellt, ist nichts von seinen bläschenförmigen Muskelkernen zu sehen, eher eine Andeutung der langgezogenen schmalen Spindelformen, in denen sich die beschriebenen interfibrillären Lücken am frischen Muskel in

Eiweiss darstellen. Besonders möchte ich Kölliker auf die Chromsäurepräparate frischer Froschmuskeln (vergl. oben), die eine bequeme allseitige Untersuchung derselben zulassen, aufmerksam machen; er möchte hier vergebens nach seinen bläschenförmigen Kernen suchen. Auf Kölliker's körnige interfibrilläre Zwischensubstanz komme ich später zu reden. Gegen Rollett's interfibrilläres Kanal- und Lückensystem habe ich, vorausgesetzt, dass noch ein strikter Beweis für das Vorhandensein interfibrillärer Längskanäle am lebenden Muskel geliefert wird, da dann seine Ansicht ganz mit der meinen stimmt, durchaus nichts einzuwenden; nur muss ich das Vorhandensein irgend welcher Kerne darin als Kunstprodukt des todten Muskels, wie schon früher erwähnt, zurückweisen. Welcker lässt zwar Leydig's Kanal- und Lückensystem aus Zellen bestehen, welche zahlreiche, die einzelnen Zellen verbindende Ausläufer besitzen, gesteht aber selbst, dass er weder etwas sicheres von Längsausläufern und noch weniger von Querausläufern gesehen habe; der ganze Beweis für seine Ansicht beruht auf den Worten „nach Allem, was ich bei meinen Untersuchungen sah", damit ist aber in der That nichts bewiesen, und bedarf es daher auch keiner Widerlegung. Nach Böttcher's ausführlicher Arbeit sollte man es für ganz unzweifelhaft halten, dass die Muskelprimitivfaser von einem zierlichen Netzwerk anastomosirender Bindegewebszellen durchzogen sei, auf welchem einerseits die Ernährung des gesunden Muskels beruhe, und das andererseits den Ausgangspunkt aller pathologischen Processe im Muskel bilde. Böttcher sah am M. gastrocnemius von Fröschen, die er lebend nach Durchschneidung der Sehne dieses Muskels in carminhaltiges Wasser setzte, zarte, mit Carminkörnchen gefüllte Kanälchen in der Längs- und Querrichtung die Muskelfaser umziehen und gleiche Kanälchen auch in das Innere der Muskelfaser vordringen, um überall mit Bindegewebszellen in Verbindung zu treten; auch ermangelt Böttcher nicht, das, was er gesehen, durch eine Zeichnung zu versinnlichen, die allerdings, wie er zusetzt, etwas schematisch ist. Doch damit nicht genug; Böttcher gelang es auch, aus dem Herzen eines an Typhus Verstorbenen spindelförmige Zellenelemente sowohl vollständig zu isoliren, als auch noch in theilweiser Verbindung mit der zerfaserten contraktilen Muskelsubstanz darzustellen, so dass bei ihm gar kein Zweifel über die Identität der isolirten Spindelzellen mit seinen Bindegewebszellen der primitiven Muskelfaser herrscht. Ich muss gestehen, noch heute die schöne Zeit zu bedauern, die ich darauf verwandte,

Virchow'sche Bindegewebszellen an der Muskelfaser zu entdecken, bis mir endlich klar wurde, welch' grobe Irrthümer sich Böttcher hat zu Schulden kommen lassen. Das von ihm beschriebene Kanalsystem sind die die Muskeln umspinnenden Capillaren, in die in dem beschriebenen Falle Carminkörnchen eingedrungen waren, wobei zugleich das in ihnen enthaltene Blut verdrängt worden war*). Legt man ein Stück Muskel in flüssige Injectionsmasse, so geschieht dies stets in kurzer Zeit. Was Böttcher als Spindelzellen isolirt hat, sind erst durch die Zerfaserung entstandene zufällige Produkte, theils auf dem Capillarsystem des Muskels, theils auf grösseren mitzerfaserten Gefässen des Muskels beruhend. Um einen Begriff von Böttcher's Täuschung zu geben, füge ich eine Abbildung bei (Taf. IV. Fig. 3), die ein abgerissenes Stück Capillare mit dem sog. Capillarenkern darstellt, und allerdings an eine Zelle denken lässt, zumal wenn man Zellen zu entdecken strebt; ist man aber nicht so voreilig, so ergiebt alsbald der Vergleich mit umliegenden Resten des mitzerfaserten Capillarsystems den begangenen Irrthum. Wenn sich Böttcher nicht scheut, Capillaren mit ihren Kernen, die vermeintlichen Kerne der Muskelprimitivfasern und vielleicht auch Bindegewebsfasern, die sich nicht selten bei der Zerfaserung netzförmig über die Muskelbündel hinlegen, in einen Topf zusammenzuwerfen und daraus ein anastomosirendes Netz von Bindegewebszellen zu verfertigen, von dem er dann ausführlich alle pathologischen Processe im Muskel ableitet, so möchte Böttcher sich in seiner Meinung, der Virchow'schen Lehre damit einen Dienst erwiesen zu haben, täuschen, eine solche Ausbreitung von Virchow's Lehre kann nur Abneigung gegen dieselbe erregen. Da C. O. Weber ganz mit Böttcher's Ansichten übereinstimmt, nur dessen Entdeckung noch ausführlicher im Sinne der Virchow'schen Lehre ausbeutet, muss auch das Urtheil über C. O. Weber's Arbeit, soweit sie das Muskelgewebe betrifft, ebenso ausfallen wie über die Böttcher's; was C. O. Weber von einem die Muskelfaser durchziehenden und umspinnenden Netz von Bindegewebszellen gesehen hat, muss, so schön auch die beigefügten Abbildungen sind, so gut auf Irrthümern und Täuschungen beruhen, wie das, was Böttcher gesehen hat; sonst könnte C. O. Weber nicht Böttcher's Arbeit eine treffliche nennen und sich

*) Vergl. Henle's Urtheil über die betreffende Arbeit Böttcher's in dessen Jahresbericht über die Fortschritte der Anatomie im Jahre 1858. S. 71.

mit Böttcher um die Priorität der Entdeckung streiten. Böttcher's und Weber's Arbeiten gegenüber ist es meiner Ansicht nach sehr bezeichnend, dass Virchow, in dessen Archiv für pathologische Anatomie und Physiologie beide aufgenommen sind, in der zweiten Ausgabe seiner Cellularpathologie noch so wenig von Bindegewebszellen in der Muskelfaser angiebt, wie in der ersten; nur führt er, unzweifelhaft aus denselben Präparaten, wie sie Böttcher benutzte, durch Zerzupfen frei gewordene, den Faserzellen der Milzpulpa, wie er sagt, ganz ähnliche Spindelzellen an, die er nur als wahrscheinlich dem Sarkolemma angehörig bezeichnet. C. O. Weber geht indess noch weiter wie Böttcher; er will sogar in der Nähe der Oberfläche eiternder Muskelwunden Maschennetze mit oder ohne Brut in ihnen entwickelter Eiterzellen, auch farbige Blutkörperchen enthaltend, in Zusammenhang mit den Capillaren gesehen haben; auch hat er ähnlich wie an der Muskelprimitivfaser, so auch um die Nervenprimitivfasern ein anastomosirendes Netz von Bindegewebszellen entdeckt. Wie es damit steht, habe ich nicht untersucht, und gehört dies auch nicht in den Bereich dieser Arbeit. Böttcher's und Weber's Abhandlungen können ein Beispiel abgeben, wie sehr man sich täuschen kann, wenn man, von Vorurtheilen befangen, unter dem Mikroskop die Bestätigung einer in der Phantasie vorgefassten Meinung sucht, nicht erst durch das Mikroskop, weder für die eine noch die andere Theorie eingenommen, sich überhaupt eine begründete Meinung schaffen will. Auch Frey leugnet durchaus das Vorkommen Virchow'scher Bindegewebszellen an der Muskelfaser, ist jedoch geneigt, ein das Muskelprimitivbündel durchziehendes Kanal- und Lückensystem in Rollett's Sinn anzunehmen. Dass Frey an Schnittenden mit salzsäurehaltigem Wasser behandelter Muskelfäden häufig ein System höchst feiner Röhren zum Theil mit Fettmolekülen im Innern isolirt haben will, muss ich leugnen, da ich, soviel ich auch Muskelfäden zerfasert habe, auch nicht ein einziges Mal ein solches Bild erhalten habe, wie es Frey angiebt*). Leider scheint Frey die Arbeit Böttcher's, auf der die von Weber basirt, nicht gekannt zu haben; sonst würde er sich wohl noch entschiedener gegen das Vorkommen Virchow'scher Bindegewebszellen in der Muskelfaser ausgesprochen haben.

Nachdem ich so die Ansichten der Autoren, die in der Muskelfaser ein eigenwandiges Kanal- und Lückensystem in

*) Frey a. a. O. S. 355.

Gestalt eines Netzwerks Virchow'scher Bindegewebszellen entdeckt zu haben glauben, zum Theil als nicht bewiesen, zum Theil als auf Irrthümern beruhend erwiesen habe, schliesse ich wieder an den Gang meiner Untersuchungen an. Sobald ich über die Gegenwart interfibrillärer Lücken im Muskelprimitivbündel klar war, musste es zunächst von Interesse sein, ihr Verhalten in pathologischer Beziehung zu erforschen und nachzusehen, wie sie sich bei Heilung von Muskelwunden verhalten. Ich schnitt zu diesem Zweck einer beträchtlichen Anzahl von Fröschen die Mm. gastrocnemii durch und verfolgte so die Muskelheilung beim Frosch bis zum 15. Tage nach der Durchschneidung; weiter langte mein Vorrath an Fröschen nicht. Vor allem ist hier vorauszuschicken, dass, wie ich mich im Voraus überzeugte, das Endresultat der Wundheilung beim Froschmuskel ganz dasselbe ist, wie man es an Säugethieren kennt, d. h. der Froschmuskel heilt nach Verwundung ebenfalls durch Einschiebung einer Bindegewebsnarbe zwischen die beiden Wundränder. Man kann dies am Froschmuskel vortrefflich sehen: in derselben Linie, in der man den Muskel durchschnitten hat, verläuft am geheilten Muskel die Bindegewebsnarbe. Folgendes sind nun meine Resultate darüber, wie sich die Wundheilung am Froschmuskel bis zum 15. Tage nach der Durchschneidung unter den ungünstigsten Verhältnissen bei Zutritt aller äusseren Schädlichkeiten gestaltet. Höchst auffallend muss es gleich auf den ersten Blick sein, dass man während der ganzen Heilungszeit mit unbewaffnetem Auge nichts von Eiter an der Wunde bemerkt, auch aus der Wunde gar keinen Eiter ausfliessen sieht, wie man es unter gleich ungünstigen Verhältnissen beim Säugethier sieht. Mit dem Mikroskop beobachtet man Folgendes. 24 Stunden nach der Durchschneidung sieht man an den Muskelfasern ein Stück weit von der Durchschnittsstelle aus bis zu einer gewissen Demarkationslinie, die an verschiedenen Fasern verschieden weit von der Durchschnittsstelle entfernt liegt, in Folge der durch die Verwundung in der nächsten Nähe derselben gesetzten Blutlaufs- und Ernährungsstörung den nekrotischen Zerfall der contraktilen Muskelsubstanz eintreten, und nun dieselbe in der genannten Ausdehnung ein Aussehen annehmen ähnlich dem geronnenen Nervenmarke; über der Demarkationslinie haben die Muskelfasern ihr ganz normales Aussehen, und was man hier von den interfibrillären Lücken sieht, hat ebenfalls keine Veränderung erlitten. Innerhalb der veränderten Muskelsubstanz vor der Demarkationslinie lässt sich noch hie und da nach

Behandlung mit Essigsäure der geronnene Inhalt jener Lücken in ganz unbestimmter und unregelmässiger Gestalt wahrnehmen. Den etwa 1—2 Linien klaffenden Raum zwischen beiden Abschnittsenden des Muskels erfüllt eine vollkommen durchsichtige Grundmasse, in der eingelagert farbige und farblose Blutkörperchen, aus den bei der Durchschneidung getroffenen Gefässen stammend, liegen, und die sich beim Herausschneiden auf ein geringeres Volumen zusammenzieht Ob die homogene Grundmasse blos vom Blutplasma herstammt, das sammt den Blutkörperchen aus den durchschnittenen Gefässen ausströmte, oder ob und wieviel davon auf Rechnung eines aus unverletzten Gefässen ausgetretenen Exsudates kommt, giebt es kein Mittel zu bestimmen; jedenfalls ist aber ersteres die Hauptquelle. So viel ergiebt die Untersuchung 24 Stunden nach der Durchschneidung. An den zwei nun bei der weiteren Heilung in Betracht zu ziehenden Faktoren, der die Durchschnittsstelle umgebenden Muskelsubstanz und der zwischen die Abschnittsenden des durchschnittenen Muskels eingelagerten Zwischenmasse, lassen sich bis zum 15. Tage kurz folgende Veränderungen beobachten. Die contraktile Muskelsubstanz, soweit sie nicht bis zur beschriebenen Demarkationslinie hin der Nekrose anheimfällt, zeigt wenig oder gar keine Veränderung; zwar lässt sich an ihr die fettige Degeneration nachweisen; allein man hüte sich, dieselbe voreilig als Folge der Durchschneidung zu betrachten, worauf ich weiter unten bei der fettigen Degeneration des Froschmuskels noch kommen werde. Auch die interfibrillären Lücken der Muskelprimitivfaser verhalten sich durchaus passiv und bleiben unverändert, soweit sie nicht in die fettige Degeneration mit hineingezogen werden, worüber ebenfalls weiter unten bei der fettigen Degeneration des Froschmuskels genaueres zu finden ist. In dem nekrotisch zu Grunde gehenden Stück Muskelfaser sieht man allmählich Fettkörnchen und Fetttröpfchen auftreten, ohne dass bis zum 15. Tage nach der Durchschneidung die zerfallene Masse auf dem Wege der Resorption bereits verschwunden ist. (Es können hierzu die Figuren 4 *a* u. *b* auf Taf. IV. verglichen werden, die vom 4. Tage nach der Durchschneidung stammen, aber eigentlich nicht hierher gehören, sondern erst weiter unten bei der fettigen Degeneration in Betracht kommen.) In der Zwischenmasse zwischen den Muskelstümpfen sieht man die farblosen Blutkörperchen von Tag zu Tag mehr schwinden, sei es, dass sie ein immer verschwommeneres, unregelmässigeres Ansehen bekommen, bis man am Ende kaum noch etwas von ihnen erkennen kann,

sei es, dass sie sich mit Fettkörnchen anfüllen und schliesslich nur solche oder einige Fetttröpfchen ihre frühere Stelle andeuten; die farbigen Blutkörperchen resistiren weit länger und energischer, sie nehmen ein geschrumpftes Aussehen an und sind in solchem Zustande in Haufen bei einander liegend noch am 15. Tage nach der Durchschneidung sichtbar, ohne dass sich über die Art ihrer weiteren Rückbildung etwas erkennen liesse. Fig. 5 auf Taf. IV. ist ein Stück der Zwischenmasse vom 4., Fig. 6 derselben Tafel vom 11. Tage nach der Durchschneidung, $\alpha\alpha$ sind in der Rückbildung begriffene farblose, $\beta\beta$ verschrumpfte farbige Blutkörperchen. Mit der Rückbildung der eingelagerten Blutkörperchen wird die Zwischensubstanz selbst, soweit sie nicht durch Haufen geschrumpfter farbiger Blutkörperchen geröthet ist, klarer und erscheint an diesen Stellen als vollkommen durchsichtige, hellgelbe, gelatinartige Masse. Mehr wie das Gesagte lässt sich bis zum 15. Tage nach der Durchschneidung am Froschmuskel nicht beobachten. Zu bemerken ist hier noch, dass die klaffende Hautwunde bereits am 2. bis 3. Tage nach der Verwundung durch eine äusserst zarte Membran wieder verschlossen ist. Jedem wird sich hier unwillkührlich die Frage aufdrängen, woher bildet sich die Bindegewebsnarbe, die wir am geheilten Froschmuskel die Muskelstümpfe wieder vereinigen sehen? wie verhält sich das Bindegewebe nächst den Wundflächen des durchschnittenen Muskels bei der Heilung? Die sog. Virchow'schen Bindegewebskörperchen verhalten sich so passiv wie die interfibrillären Lücken der Muskelfasern; was man am 15. Tage an jenen Bindegewebszellen sieht, ist einfach das, dass sie unmittelbar an der Wundstelle mit Fettmolekülen und feinen Fetttröpfchen angefüllt und über die Norm ausgedehnt sind, dass sie, je weiter man jederseits von den Wundrändern nach dem unversehrten Gewebe hin geht, in demselben Grade immer mehr ihr normales Ansehen zeigen; weiter lässt sich auch an ihnen nichts sehen. Wenn man, wie ich, nie etwas anderes gehört hat, wie Virchow's Lehren, so muss man im höchsten Grade erstaunt sein, bei einer Wundheilung unter den ungünstigsten Verhältnissen nicht das Geringste von einer Zellenwucherung in den umgebenden Geweben, nicht die Spur von einem Eiterkörperchen zu entdecken, und sollte dies etwa noch nach dem 15. Tage, nachdem bereits längst die äussere Hautwunde wieder verschlossen ist, möglich sein? Ich glaube eine solche Annahme wäre im mindesten sehr unwahrscheinlich und durchaus grundlos. Virchow's Lehre von der continuirlichen Entwickelung der Gewebe aus einander, dass jede

Art von Neubildung präexistirende zellige Elemente als ihren Ausgangspunkt voraussetzt und an die Stelle derselben tritt, dass ferner Theilungen jener Zellenelemente das Mittel der Neubildung sind, lässt hier vollständig im Stiche, und bleibt nichts übrig, als zur alten, zur Zeit verschollenen Exsudatlehre seine Zuflucht zu nehmen. So sehr Virchow strebt, es als unhaltbare Hypothese hinzustellen, dass sich neben die vorhandenen Elemente des Körpers eine Substanz zu lagern vermöge, welche aus sich ein neues Gewebe erzeuge, so nahe liegt es, im vorliegenden Falle in jener gelatinösen Zwischenmasse zwischen den Abschnittsenden des durchschnittenen Froschmuskels eine solche Substanz vor Augen zu haben; denn woher anders sollte das neuzubildende Narbengewebe entstehen? Präexistirende wuchernde Zellenelemente sind keine da. Wenn aber beim Frosch und somit wohl auch bei den übrigen Kaltblütern eine Gewebsneubildung, in vorliegendem Falle die Narbenbildung, ohne irgend welche Wucherung präexistirender Zellen von Statten geht, kann dann die Zellenwucherung, wie wir sie beim Menschen und wohl auch übrigen Warmblütern sehen, das Wesentliche der Gewebsneubildung sein? Das Grundprincip dieses Processes muss jedenfalls, gleichgültig ob Warm- oder Kaltblüter, dasselbe sein. Doch wäre es voreilig, weitere Schlüsse zu ziehen, da der Heilungsprocess am Froschmuskel noch nicht bis zum Ende verfolgt ist, daher sich auch nicht mit Bestimmtheit die Art und Weise der Narbenbildung angeben lässt. Die weitere Verfolgung des Heilungsvorganges muss dies erst lehren.

Ich komme nun zu einem weiteren interessanten, für die Begründung der interfibrillären Lücken der Muskelprimitivfaser nicht unwichtigen Vorgange, der fettigen Degeneration der Muskelfasern, wie man sie am Frosch vortrefflich beobachten kann. Ich wurde zuerst auf dieselbe aufmerksam, als ich die Stümpfe durchschnittener Froschmuskeln untersuchte. Fig. 4 *a*, *b*, *c* u. *d* auf Taf. IV. (mit Essigsäure) zeigen in vier Stufen die fettige Degeneration der Froschmuskeln, wie ich sie am 4. Tage nach der Durchschneidung beobachtete. Zuerst sieht man sehr zarte Pünktchenreihen zwischen den Fibrillen auftreten und daneben deutlich die quergestreifte Substanz und den geronnenen Inhalt der interfibrillären Muskellücken; diese Körnchen mehren sich, werden zugleich grösser und daher deutlicher, es unterliegt endlich der Inhalt der interfibrillären Muskellücken der fettigen Degeneration, und es treten an seine Stelle eine Reihe sehr deutlicher grösserer Fettkörnchen hervor, anfangs noch die Gestalt der Lücken

nachahmend, was aber mit der weiteren Grössenzunahme der interfibrillären Fettkörnchen nicht mehr zu unterscheiden ist. Von dem Moment an, wo der Inhalt der interfibrillären Muskellücken in Fettkörnchen umgewandelt ist, kann man natürlich mit Essigsäure keinen gerinnfähigen Inhalt mehr nachweisen, und ist nun, wenn nicht anfangs noch die Gestalt der Fettkörnchen (Taf. IV. Fig. 4 *c*) einen Anhalt gewährt, alle Spur der interfibrillären Lücken verschwunden. In gleichem Maasse wie die fettige Degeneration der Muskelfaser fortschreitet, wird die quergestreifte Substanz blasser und undeutlicher, sie schwindet mit einem Wort. Diese fettige Degeneration beweist einmal die Richtigkeit meiner Angabe über die Gestalt der interfibrillären Lücken: langgezogen, dünn, spindelförmig; denn so ist auch die Gestalt, in der die Fettkörnchen bei der fettigen Degeneration an Stelle der interfibrillären Lücken treten; zweitens beweist sie, dass diese Lücken durchaus nichts von einem Kern enthalten; denn wo wir kernhaltige Gebilde haben, treten bei der fettigen Degeneration die Fettkörnchen neben dem Kerne auf, die Fig. 4 *c* auf Taf. IV. zeigt aber keine Spur eines Kernes. Sobald einmal jener am lebenden Muskel ganz homogene, durch Essigsäure rasch gerinnende Inhalt der interfibrillären Muskellücken die fettige Degeneration erlitten hat, sind dieselben auch für unser Auge verschwunden, und lässt sich bei ihrer Schmalheit der Ort, wo sie, nun mit einer Reihe Fettkörnchen gefüllt, liegen, nicht mehr unterscheiden. Abgesehen von den interfibrillären Muskellücken giebt die fettige Degeneration, wie man sie von Stufe zu Stufe am Froschmuskel verfolgen kann, auch ein klares Bild über diesen pathologischen Process selbst. Nicht die fibrilläre Substanz oder die Sarcous elements von Bowman sind es, innerhalb derer die Fettkörnchen sich bilden (Donders)*), nicht an Stelle dieser Muskelelemente treten die Fettkörnchenreihen am fettig degenerirten Muskel, sondern an Stelle jener Längsstreifen des gesunden Muskels, die der optische Ausdruck für die Grenze aneinanderstossender Fibrillen sind, also mit anderen Worten die fettige Degeneration des Muskels hat ihren Ausgangspunkt zwischen den Fibrillen, deren Verschwinden sodann die Folge der Vergrösserung jener Fettkörnchen ist. Ich habe oben angeführt, dass ich zuerst bei der Heilung von Muskelwunden am Frosch auf die fettige Degeneration der Muskeln aufmerksam wurde, und musste mich dies natürlich zunächst zu der Ansicht führen, als sei

*) Vergl. v. Siebold und Kölliker's Zeitschrift a. a. O. S. 322.

diese Degeneration Folge der Muskeldurchschneidung; allein eine genauere Untersuchung lehrt, wie voreilig ein solcher Schluss wäre. Vergleicht man nämlich mit den Muskeln am Muskelstumpfe andere Muskeln desselben Frosches aus einem Körpertheile, der, weit entfernt von der Durchschnittsstelle, mit dieser nichts zu thun hat, so findet man hier ganz denselben Grad der fettigen Degeneration. Vergleicht man ferner die Muskelstümpfe von den ersten Tagen nach der Durchschneidung mit denen vom 15. Tage nach dieser Operation, so findet man die fettige Degeneration durchaus nicht gemäss der Zeit, die seit der Durchschneidung verstrichen ist, weiter fortgeschritten; man findet vielmehr am 15. Tage die einen Muskelfasern noch so wohl erhalten und andere nicht mehr degenerirt wie früher; ja manche Frösche zeigen am 15. Tage nach der Durchschneidung noch mehr Muskelfasern wohl erhalten, wie andere schon in den ersten Tagen der Durchschneidung. Die fettige Degeneration der Muskelstümpfe beim Frosch hat also nichts mit der Durchschneidung zu thun, sondern hat einen anderen Grund, der alle Muskeln des Frosches gleichmässig trifft. Dieser Grund liegt einfach darin, dass die gewöhnlich untersuchten Frösche solche sind, die wochen- und monatelang ihrer Freiheit beraubt und ohne Nahrung in Anatomien gehalten werden; bei solchen tritt stets fettige Degeneration der Muskeln in der beschriebenen Weise ein. Ebenso findet man die fettige Degeneration in höheren oder geringeren Stadien sehr häufig bei Muskeln von Menschen; denn man bekommt selten andere Muskeln vom Menschen zur Untersuchung, als durch dem Tode vorausgegangene Krankheiten in der genannten Weise veränderte. Durch Untersuchung von Fröschen der beschriebenen Art hat sich Kölliker verleiten lassen, eine besonders geformte interfibrilläre Zwischensubstanz in Gestalt reihenweise gestellter Körnchen als regelmässigen Bestandtheil jeder normalen Muskelfaser anzunehmen. Auf derselben Basis beruht auch Frey's Angabe vom Vorkommen von Fettmolekülen in der Muskelfaser*), auf die nach Welcker**) schon Henle aufmerksam gemacht hat. Nie findet man in der Muskelfaser des Frosches irgendwelche interfibrillären Moleküle, wenn man eben aus der freien Natur eingefangene Frösche untersucht, wie ich es absichtlich, um über den vorliegenden Punkt klar zu werden, that; dieselben Frösche zeigten nach 6 Wochen

*) Frey, Histologie und Histochemie des Menschen. S. 355.

**) Welcker a. a. O. S. 237.

Gefangenschaft auf's Schönste die fettige Degeneration ihrer Muskeln am ganzen Körper.

Hiermit habe ich Alles erwähnt, was ich im Laufe meiner Untersuchungen über die interfibrillären Lücken des Froschmuskels, ihr Verhalten bei der Wundheilung beim Frosch und bei der fettigen Degeneration des Froschmuskels fand, und ist es nun nöthig, zu erforschen, wie weit das bisher vom Froschmuskel Gesagte auch für den Säugethiermuskel gilt. Hier ist zunächst zu bemerken, wie ich schon oben angedeutet habe, dass die Untersuchung von Säugethiermuskeln allein zu keinem sicheren Resultate führt, und zwar hat dies zwei Gründe: einmal ist es, wenn man lebende Säugethiermuskeln untersucht, da diese nach der Trennung vom lebenden Organismus schnell ersterben, stets schwierig, zu entscheiden, ob das erhaltene Bild noch dem lebenden oder bereits dem todten Muskel angehört, während bei decapitirten Fröschen die Lebensfähigkeit des Muskels, d. h. die Fähigkeit, auf Reize sich zu contrahiren, stundenlang bleibt, zweitens ist aber auch die Lage der in Rede stehenden Gebilde beim Säugethiermuskel eine viel unbequemere wie beim Froschmuskel; dieselben liegen nämlich beim Säugethier (vergl. das Genauere unten) nicht zwischen den Fibrillen, sondern an der Innenseite des Sarkolemma, so dass sie einerseits von den Muskelfibrillen, andererseits vom Sarkolemma umgeben werden; nun hat aber letzteres die Eigenschaft, nach dem Tode sehr leicht durch Aufnahme von Flüssigkeit von der eingeschlossenen contraktilen Substanz sich abzuheben*), und führt dies ebenfalls sehr leicht zu Täuschung; man muss daher, will man über die betreffenden Muskelelemente in's Klare kommen, mit der Untersuchung beim Frosch, nicht beim Säugethier beginnen.

Nimmt man nun von einem lebenden Säugethier, z. B. Kaninchen, Muskelfasern, so sieht man auch hier in Eiweiss, als Untersuchungsflüssigkeit, auf den ersten Blick nichts; allein beim genaueren Durchsehen des Objektes findet man, so gut wie beim Frosch, sehr wohl die langgezogenen, homogenen Spindelkörper wieder (Taf. IV. Fig. 7 *a*), die auf Zusatz von etwas Essigsäure durch Coagulation ihres Inhaltes scharf hervortreten (Taf. IV. Fig. 7 *b*). Bei Anwendung von Farbstoff zeigen sie dasselbe Verhalten, wie ich es an den inter-

*) Frey a. a. O. S. 351 und Valentin, Lehrbuch der Physiologie des Menschen. 1. Abtheilung des 2. Bandes. 2. Auflage. Braunschweig 1847. S. 55.

fibrillären Lücken des Froschmuskels beschrieben habe; sie quellen zur Ovalform auf, zugleich in Folge dessen das Sarkolemma hervortreibend; nach Zusatz von Essigsäure nehmen sie wieder die Spindelform an mit gleichzeitig dunkelrother Färbung (vgl. Taf. IV. Fig. 8 *a*, eine Muskelfaser vom Ochsen nach Farbstoffeinwirkung ohne weiteres Reagenz, und Taf. IV. Fig. 8 *b*, dieselbe nach Einwirkung von Essigsäure). Kurz es wiederholt sich hier alles bereits beim Frosch Gesagte; auch beim Säugethier finden sich in der Muskelprimitivfaser spindelförmige Lücken; nur ist für dieselben hier der Name „interfibrillär" nicht anzuwenden, da sie nur einerseits von den Fibrillen, andererseits vom Sarkolemma begrenzt werden. Ist einmal der Säugethiermuskel erstorben, so quellen diese Lücken, mögen die untersuchten Muskelfasern in Eiweiss liegen, oder in Wasser, oder in Farbstoff, sehr rasch zur Ovalform auf, was in der kurz vorher berührten Aufsaugefähigkeit des Sarkolemma's nach dem Tode, zumal an Stelle präexistirender Lücken, seinen Grund hat. Man erhält so wieder Bilder wie Fig. 7 *c* auf Taf. IV. (vom Kaninchen), auf denen die Beschreibung jener Lücken als Sarkolemmakerne u. s. f. (Kölliker, Gerlach, Virchow, Frey und andere) beruht, die aber nicht dem lebenden Muskel entsprechen. Nie zeigt eine Muskelfaser vom Säugethier, so lange sie lebensfähig ist, in Eiweiss untersucht solche ovaläre Kerngebilde, wie sie die eben genannten Autoren beschrieben haben, nie sieht man an ihr solche Hervorwölbungen des Sarkolemma's, wie sie an der erstorbenen Muskelfaser des Säugethieres an Stelle der Spindellücken aus angegebenen Gründen bald eintreten (Taf. IV. Fig. 7 *c*), das Vorhandensein eines hier liegenden Kerngebildes vortäuschend. Quillt nach Behandlung mit Essigsäure beim Säugethiermuskel der quergestreifte Inhalt aus dem Sarkolemma aus, so geht der geronnene Inhalt der Spindellücken stets mit heraus (Taf. IV. Fig. 7 *b*), und haben somit Kölliker, Virchow und andere Recht, wenn sie von ihren Kernen dasselbe sagen, womit auch Welcker*) übereinstimmt. Was das Vorkommen eines die Muskellücken verbindenden Längskanalsystems bei Säugethieren betrifft, so sieht man auch hier von einzelnen Spindellücken in der Längsrichtung dunkle Linien abgehen oder zwei zunächst liegende Lücken durch eine solche in Verbindung stehen (Taf. IV. Fig. 7 *a* und *b*, 8 *b*); auch sieht man auf dem Querschnitt wieder schärfer hervorstechende dunkle Ringelchen

*) Welcker a. a. O. S. 237.

(Taf. IV. Fig. 9 *a*, Querschnitt eines Kalbsmuskels mit Farbstoff imbibirt, und Taf. IV. Fig. 9 *b*, derselbe nach Behandlung mit Essigsäure); allein ein strikter Beweis für das Vorhandensein von Kanälchen am lebenden Muskel lässt sich hier so wenig führen wie beim Frosch, im Gegentheil waren es gerade Säugethiermuskeln, die mir die Existenz von Längskanälchen unsicher machten; denn in ein und demselben Muskelquerschnitt kann man jene dunklen Ringelchen an manchen Fasern in grosser Anzahl, an manchen nur in geringer Zahl, an manchen auch gar nicht sehen, und gesetzt auch, die Muskelfaser von Säugethiermuskeln besitze ein Längskanalsystem, so kann dasselbe, soweit es zwischen den Fibrillen liegt, nichts mit den Spindellücken zu thun haben; denn, wie gesagt, liegen beim Säugethier keine solche Lücken zwischen den Fibrillen. In Bezug auf die fettige Degeneration bei Säugethiermuskelfasern und das Verhalten der Spindellücken bei diesem Process gilt dasselbe wie beim Froschmuskel, und ist auch gar kein Grund vorhanden, warum es beim Säugethier anders sein sollte. Wie sich die Spindellücken der Muskelfaser vom Säugethier bei der Wundheilung verhalten, habe ich nicht verfolgt; auch würde es für mich wenig Interesse gehabt haben, da ich die Wundheilung beim Frosch nicht bis zu Ende kannte, und will man die Vorgänge am complicirten Organismus der höchstgestellten Thiere richtig verwerthen und auslegen, so muss man dieselben erst an niederer stehenden Organismen kennen, wo sie jedenfalls einfacher und für uns leichter richtig zu erkennen sind; ein wesentlicher Unterschied in den Lebensvorgängen beider kann nicht vorhanden sein; so gut in der anorganischen Welt Alles bestimmten, ausnahmslosen Gesetzen unterliegt, müssen sich auch die Processe lebender Organismen solchen fügen.

Dasselbe wie vom Säugethiermuskel gilt auch vom Muskel der Vögel und Fische, auch hier finden sich überall die Spindellücken der Muskelprimitivfaser wieder; nur die Lage dieser Lücken ändert sich bei den verschiedenen Klassen der Wirbelthiere, wie aus Folgendem hervorgeht. Bei den Muskelfasern aller Säugethiere, vom Menschen angefangen bis zu den Pinnipedien und Cetaceen herab *), liegen diese Lücken

*) Die von mir untersuchten Säugethiermuskeln sind ausser den vom Menschen:

Quadrumana:	Cercopithecus griseoviridis.
	Cynocephalus Sphinx.
Ferae:	Mustela Putorius.
	Mustela foina.

an der Innenseite des Sarkolemma's (Taf. IV. Fig. 9 *a* u. *b*), welches ihre äussere Wand darstellt, während ihre innere Wand von den Muskelfibrillen gebildet wird, und gehört hier der Fall zu den Seltenheiten, dass eine Lücke mitten in der Muskelfaser zwischen den Fibrillen drinliegt. Auch ist es in dieser Beziehung ganz gleichgültig, ob man Muskeln von den Extremitäten oder vom Rumpfe nimmt; auch der Zwerchfellmuskel stimmt damit überein, nur der quergestreifte Herzmuskel macht nach Rollett's Angaben *) eine Ausnahme, indem hier die Lücken im Innern des Primitivbündels zwischen den Fibrillen liegen. Die Muskelfasern der Vögel schliessen sich im Allgemeinen denen der Säugethiere an, so thun dies besonders die von Singvögeln **), Schwimmvögeln und von Sumpfvögeln, dagegen weichen die Muskelfasern anderer Vögel hiervon insofern etwas ab, als man auf Muskelquerschnitten stellenweise Muskelfasern antrifft, wo auffallend viel Muskellücken zwischen den Fibrillen und nicht, wie bei den übrigen, am Sarkolemma liegen; dies fand ich bei Raubvögeln und besonders Hühnervögeln, die Tauben

---

Ferae:	Canis familiaris.
	Canis Vulpes.
	Hyaena striata.
	Felis domestica.
Rodentia:	Mus musculus.
	Lepus cuniculus.
	Cavia cobaya.
Edentata:	Dasypus sexcinctus.
Pachydermata:	Sus scrofa domestica.
Bisulca:	Ovis Aries.
	Bos taurus.
Pinnipedia:	Phoca vitulina.

*) Rollett a. a. O. S. 111 u. ff.

**) Die von mir untersuchten Vogelmuskeln sind:

Oscines:	Fringilla canaria.
	Fringilla domestica.
	Fringilla cannabina.
Raptatores:	Falco palumbarius.
	Falco buteo.
Gallinacei:	Columba domestica.
Grallatores:	Rallus aquaticus.

Dazu füge ich als von Rollett untersucht bei:

Oscines:	Fringilla coelebs.
	Emberiza citrinella.
Gallinacei:	Tetrao tetrix.
	Tetrao Bonasia.
	Phasianus Gallus.
Natatores:	Anser domesticus.
	Anas boschas domestica.

hier mit eingerechnet. Ob dieses Lagerungsverhältniss von der Dicke der Muskelprimitivfaser, wie Rollett für die Brustmuskulatur der Taube angiebt, oder davon abhängt, dass das Fleisch weisses oder dunkles ist, wie derselbe sagt, kann ich nicht mit Sicherheit angeben; mir fiel das erwähnte Verhältniss zuerst am Extremitätenmuskel der Taube (Taf. IV. Fig. 10) und dann an den Halsmuskeln von Falken auf, ohne dass ich die übrigen Muskeln dieser Thiere untersucht hätte. Bei den Muskelfasern von Amphibien *) liegen die Lücken der Muskelprimitivfasern alle zwischen den Fibrillen, und ist es hier umgekehrt wie bei den Säugethiermuskeln eine grosse Seltenheit, eine Lücke an der Innenseite des Sarkolemma's zu finden. Ebenso verhält es sich bei den Muskeln von Fischen **), zumal von Knorpelfischen und von Rundmäulern, während man bei Knochenfischen doch auch Muskelfasern findet, die mit denen von Säugethieren übereinstimmen, wie ich solche Muskelfasern z. B. in Muskeln von Cyprinus Dobula aus der Nähe der Kiemen fand.

Von Interesse ist auch die Untersuchung von Muskelfasern wirbelloser Thiere; so untersuchte ich die Schwanzmuskeln von Astacus fluviatilis aus der Klasse der Crustaceen und die Thoraxmuskeln von Dytiscus marginalis aus der Klasse der Insekten. Bei Astacus fluviatilis haben die Lücken der Muskelfasern eine auffallende Grösse, verschmelzen zu zwei und drei hintereinander zu langgezogenen Hohlräumen, haben ebenfalls ursprünglich die Spindelform und quellen leicht zur Ovalform

---

*) Die von mir untersuchten Amphibienmuskeln sind:

Sauri:	Alligator lucius.
Batrachia:	Rana esculenta.

Dazu kommen von Rollett:

Sauri:	Lacerta viridis.
	Lacerta agilis.
	Chamaeleo africanus.
Serpentes:	Natrix torquata Aldr.
Batrachia:	Rana esculenta.
	Bufo cinereus.

**) Die von mir untersuchten Fischmuskeln sind:

Knochenfische:	Cyprinus Dobula.
Knorpelfische:	Scyllium canicula.
	Raja clavata.
Rundmäuler:	Petromyzon fluviatilis.
	Petromyzon Planeri.

Dazu kommen von Rollett:

Knochenfische:	Cyprinus Carpio.
	Cyprinus barbatula.
	Phoxinus Marsilii Heckel.

auf; in ihrer Lage halten sie sich an kein Gesetz, liegen bald an der Peripherie, bald im Innern einer Muskelfaser. Bei Dytiscus marginalis verschmelzen die interfibrillären Muskellücken zu drei bis vier schmalen, im Innern der Muskelfaser zwischen den Fibrillen verlaufenden Kanälchen, die am lebenden Muskel einen feinpunktirten, sonst homogenen Inhalt zeigen*). Leider muss ich mich mit diesen rudimentären Bemerkungen über die Muskelfasern wirbelloser Thiere begnügen, da meine Zeit nicht ausreichte, auch hier ausführlichere Untersuchungen anzustellen.

Soviel geht aus dem über die Lage der Muskellücken Gesagten hervor, dass dieselbe zwei Typen folgt: bei Warmblütern liegen dieselben durchschnittlich an der Innenseite des Sarkolemma's, bei Kaltblütern dagegen zwischen den Fibrillen im Innern der Muskelfasern, und haben diejenigen, die von einem die Muskelfaser durchziehenden und umspinnenden Zellennetz reden, abgesehen davon, dass ihre Zellen Lücken sind, auch hierauf nicht geachtet, indem sie Bilder von Säugethieren und vom Frosch zusammenwarfen.

Es sei mir erlaubt, hier noch einige Worte über den Bau der quergestreiften Muskelfaser beizufügen. Vergleicht man die beiden zur Zeit herrschenden Ansichten über die feinere Zusammensetzung des Muskelprimitivbündels, die eine, die auf die Sarcous elements zurückgeht, und sowohl das

*) Lässt man Essigsäure einwirken, so differenzirt sich dieser vorher gleichmässige Inhalt zu kernähnlichen Gruppen, so dass jetzt das Muskelprimitivbündel von 3—4 Reihen hintereinanderliegender Kerne durchzogen zu sein scheint; allein dies ist Kunstprodukt und am lebenden Muskel durchaus nicht vorhanden. Den Abbildungen nach zu schliessen sind es solche Kernreihen, welche W. Kühne (Reichert's und Du Bois-Reymond's Archiv für Anatomie, Physiologie und wissenschaftl. Medizin, Jahrg. 1859, Heft V.) bei Hydrophilus piceus als Körnerreihen beschreibt und mit den intramuskulären Enden der Muskelnerven in Beziehung setzt. Wenn Kühne die Vermuthung ausspricht, dass ein Theil der bisher als Kerne oder Hohlräume an den Muskelfasern von Wirbelthieren beschriebenen Formen für die Erkenntniss der intramuskulären Nerven einen Anhalt geben könnte und hierbei besonders auf die grosse Verschiedenheit dieser Formen hinweist, so muss ich dem gegenüber bemerken, dass diese von ihm angeführten, mannichfach verschiedenen Formen nach dem Tode entstandene oder durch Kunst erzeugte Produkte sind, alle aus der einen Form von Gebilden hervorgegangen, die ich als interfibrilläre Lücken an der lebenden Muskelfaser nachgewiesen habe, dass ich ferner im Laufe meiner Untersuchungen nichts sah, was mich im entferntesten auf den Gedanken brachte, diese interfibrillären Lücken mit Nervenfasern in Verbindung zu bringen.

Zerfallen der Muskelfaser in Fibrillen, wie das in Discs als Kunstprodukt erklärt, von Bowman ausgehend und von Rollett, Frey und anderen befolgt, die andere, die die Muskelfaser aus Fibrillen bestehen lässt, von Schwann, Müller, Valentin, Henle, Gerlach, Kölliker und anderen vertreten, so haben die Anhänger der ersteren Ansicht allerdings Recht, wenn sie das Zerfallen der Muskelfaser in Fibrillen nach Einwirkung von Alkohol und Chromsäure nicht höher schätzen, wie das in Discs nach Einwirkung verdünnter Salzsäure; die eine wie die andere dieser Erscheinungen ist durch Reagentien erzielt, deren Wirkung auf das lebende Gewebe bei unserer Unkenntniss der chemischen Constitution letzterer sich nicht abmessen lässt; legt man aber an jene beiden Ansichten über den Bau der Muskelfaser den Maassstab, den ich in meiner ganzen Arbeit befolgt habe, und sieht vor Allem zu, was der frische Muskel ohne allen Gebrauch von Reagentien lehrt, so neigt sich die Wagschale doch auf die Seite derer, die die Muskelfaser aus Fibrillen bestehen lassen; man sieht an der frischen Muskelfaser stets eine zarte dichte Längsstreifung (Taf. III. Fig. 1), die sich nur bei der Existenz von Fibrillen einfach erklären lässt, man sieht an den frischen Thoraxmuskeln vieler Insekten die einzelnen Fibrillen sehr schön, dazu kommt die offenbar grössere Neigung der Muskelfaser in Fibrillen zu zerfallen wie in Discs, ferner die Existenz langgezogener Spindellücken und nicht unwahrscheinlich feiner Längskanälchen in der Muskelfaser, wie man sie am deutlichsten in den Muskeln von Kaltblütern wahrnimmt, die, jeder eigenen Wand entbehrend, sich ebenfalls nur bei Gegenwart von Fibrillen einfach erklären lassen, ferner der Umstand, dass bei fettiger Degeneration des Muskelprimitivbündels die Fettmoleküle stets in exquisiter Längsrichtung auftreten (vergl. früher); alles dies spricht für das Vorhandensein von Fibrillen im Muskelprimitivbündel. Zunächst werden diese Fibrillen durch eine ganz homogene Zwischenmasse zusammengehalten, auf der jenes für die Auslegung so trügerische Bild des mit Essigsäure behandelten Muskelfaserquerschnittes vom Frosch beruht (Taf. III. Fig. 4, 6 *b* u. *c*), und die am gesunden Muskel durchaus nichts von Körnchen u. s. f. enthält, wie Frey und Kölliker annehmen (s. oben). Zu einem Ganzen vereinigt wird das Muskelprimitivbündel durch das Sarkolemma, das in seinen Eigenschaften mit dem elastischen Gewebe übereinstimmt; warum Leydig*)

*) Lehrbuch der Histologie des Menschen und der Thiere. S. 130.

das Sarkolemma für bindegewebiger Natur erklärt, weiss ich nicht. Im Innern des Muskelprimitivbündels, sei es mitten zwischen den Fibrillen (Kaltblüter), sei es an der Innenseite des Sarkolemma's (Warmblüter), sind noch die Spindellücken der beschriebenen Art zu erwähnen. Was den Uebergang von Muskel in Sehne betrifft, so muss ein unbefangener Beobachter, so unwahrscheinlich dies auch bei einiger Ueberlegung zu sein scheint, doch die Richtigkeit des von Frey*) für alle Muskeln angenommenen continuirlichen Uebergangs von contraktilem Muskelgewebe in das Sehnengewebe zugeben, und gedenkt man dabei der bekannten Thatsache, dass bei Einwirkung einer Zugkraft auf beide Muskelenden der Muskel an jeder anderen Stelle eher reisst, als an der Uebergangsstelle in die Sehne, so wäre dies, nimmt man nicht den Uebergang beider Gewebe in continuo an, sondern lässt das Muskelgewebe in der Weise in die Sehne übergehen, dass das abgerundete Ende einer Muskelfaser in genau begrenzter Linie von dem beginnenden Sehnengewebe rings umfasst wird (Valentin, Leydig und andere), ganz unerklärlich. Nicht so einverstanden bin ich mit Frey, wenn er es als ganz zweifellos hinstellt, dass das Sarkolemma continuirlich in Bindegewebsfibrillen des entsprechenden Sehnenbündels, das stets einen geringeren Durchmesser hat wie das zugehörige Muskelprimitivbündel, übergehe. Das Sarkolemma geht vielmehr continuirlich in die ihm ganz gleiche Hüllenschichte eines jeden einem Muskelprimitivbündel entsprechenden Bindegewebsfascikels über, auf deren Gegenwart Henle**) sehr richtig die Isolationsfähigkeit jener sternförmigen Lücken im Querschnitt einer Sehne zurückführt, ohne dass damit irgendwie die Zellennatur dieser Gebilde bewiesen wäre. Seitdem ich vorurtheilsfrei und unpartheiisch mit dem Mikroskop arbeite, habe ich weder im lockigen geformten Bindegewebe, noch in der Hornhaut etwas anderes als interfascikuläre und interlamelläre Lücken gesehen, wie sie auch Beneke***) mit geringer Abweichung von Henle angiebt. Ueberall, wo im ausgebildeten Organismus Gewebselemente von cylindrischer Form sich an einander lagern, da sieht man zwischen ihnen Lücken frei bleiben, die auf dem Längsschnitt spindelförmig,

*) Frey a. a. O. S. 359.

**) Henle, über das Bindegewebe in seinem Bericht über die Fortschritte der Anatomie im Jahre 1858.

***) Vergl. C. W. Beneke in seiner wohl zu beachtenden Arbeit über die Nichtidentität von Knorpel-, Knochen- und Bindegewebe.

auf dem Querschnitt sternförmig aussehen, so zwischen den Fascikeln des geformten Bindegewebes, so zwischen den Muskelprimitivbündeln und Nervenfasern, wo dieselben ohne Dazwischenlagerung von Bindegewebe unmittelbar aneinanderliegen, so zwischen den Fibrillen des Muskelprimitivbündels bei Kaltblütern und mit veränderter Lage zwischen Fibrillen und Sarkolemma bei Warmblütern. Alles dies sind — wenigstens im erwachsenen Organismus — Lücken, aber keine Zellen.

Erklärung der Abbildungen.

Taf. III.

Fig. 1. Primitivbündel des Frosches frisch in Eiweiss.

Fig. 2. Querschnitt eines getrockneten Muskelprimitivbündels des Frosches in Wasser aufgeweicht.

Fig. 3 *a* u. *b*. Muskelprimitivbündel des Frosches frisch in Eiweiss nach Essigsäurezusatz.

Fig. 4. Das zweite Präparat nach Zusatz von Essigsäure.

Fig. 5 *a*. Muskelprimitivbündel des Frosches mit Farbstoff imbibirt.

Fig. 5 *b* u. *c*. Dasselbe nach Zusatz von Essigsäure.

Fig. 6 *a*. Der Fig. 5 *a* entsprechende Querschnitt.

Fig. 6 *b*. Der Fig. 5 *b* u. *c*. entsprechende Querschnitt.

Fig. 6 *c*. Dasselbe wie Fig. 6 *b* nach längerer Einwirkung von Essigsäure.

Fig. 7. Muskelprimitivbündel des Frosches kurze Zeit in flüssiger Injectionsmasse gelegen.

Fig. 8. Der Fig. 7 entsprechende Querschnitt.

Fig. 9. Muskelprimitivbündel des Frosches längere Zeit in Chromsäure gelegen.

Fig. 10. Der Fig. 9 entsprechende Querschnitt.

Taf. IV.

Fig. 1. Das Präparat Taf. III. Fig. 9 nach Behandlung mit Aether.

Fig. 2. Der zu Taf. IV. Fig. 1 gehörige Querschnitt.

Fig. 3. Abgerissenes Stück Capillare (s. Text).

Fig. 4. Fettig degenerirte Muskelfasern vom Frosch.

Fig. 5. Stück der Zwischenmasse zwischen den Stümpfen eines durchschnittenen Froschmuskels am 4. Tage nach der Durchschneidung.

Fig. 6. Dasselbe am 11. Tage nach der Durchschneidung.

Fig. 7 *a*. Muskelprimitivbündel des Kaninchens frisch in Eiweiss.
Fig. 7 *b*. Dasselbe nach Essigsäurezusatz.
Fig. 7 *c*. Muskelprimitivbündel vom Kaninchen einige Zeit nach dem Tode.
Fig. 8 *a*. Muskelprimitivbündel vom Ochsen mit Farbstoff imbibirt.
Fig. 8 *b*. Dasselbe nach Einwirkung von Essigsäure.
Fig. 9 *a*. Querschnitt vom Kalbsmuskel mit Farbstoff imbibirt.
Fig. 9 *b*. Derselbe Querschnitt nach Behandlung mit Essigsäure.
Fig. 10. Querschnitt vom Extremitätenmuskel einer Taube mit Farbstoff imbibirt nach Zusatz von Essigsäure.

Alle Figuren sind bei 330facher Vergrösserung eines zuverlässigen Kellner'schen Instrumentes (Syst. 3 Ocul. I.) nach der Natur gezeichnet.

Die kernähnlichen Gebilde der quergestreiften Muskelfaser und die Frage nach der Existenz eines plasmatischen Gefässsystems der Muskeln.

In Gemeinschaft mit Herrn stud. med. **A. Jahn** untersucht

von

Dr. **H. Welcker,** Professor in Halle.

(Hierzu Taf. V.)

In einer früheren Arbeit [1]) glaube ich den Nachweis erbracht zu haben, dass das von Leydig für den quergestreiften Muskel wahrscheinlich gemachte plasmatische Hohlsystem in den sonst als „Muskelkerne“ bekannten Gebilden, keineswegs aber, wie Leydig's Darstellung besagt, in den Fibrillen seinen Sitz habe. Während es nun in der Folge mir wiederholt gelungen ist, die Centralpunkte des von mir behaupteten Hohlsystems, für welche ich den Namen „Muskelkörperchen“ einführen zu dürfen glaubte, aus den Muskeln des Proteus zu isoliren, waren mir Communicationsäste, welche ich als höchst wahrscheinlich zwischen den einzelnen Muskelkörperchen vorhanden bezeichnet hatte, trotz sehr bestimmter desfallsiger Angaben mehrerer späteren Autoren, von Tag zu Tage unwahrscheinlicher geworden. Der Umstand nun, dass in einer neuesten, diesem Punkte der Muskelhistologie speciell gewidmeten Arbeit [2]) den Muskelkörperchen nicht nur Communicationsäste, sondern Wandung, Kern und was sie sonst etwa Körperhaftes besitzen könnten, mit Entschiedenheit abgesprochen wird, veranlasste mich, den

---

[1]) in dieser Zeitschrift, N. F. VIII. Bd. S. 226.

[2]) Die kernähnlichen Gebilde des Muskelprimitivbündels, von Ph. Steffan, Inauguraldissertation, Erlangen 1860, diese Zeitschrift pag. 204.

Gegenstand auf's Neue vorzunehmen, insbesondere einem meiner Zuhörer, dem oben als Mitarbeiter genannten Herrn stud. Jahn, die Steffan'sche Arbeit zur Nachuntersuchung zu übergeben. Während nun eigene Wandungen den fraglichen Körperchen nach unseren gemeinsamen Untersuchungen unzweifelhaft zukommen, ergab sich doch Mehreres, welches meine betreffs der in der Ueberschrift genannten Gegenstände früher gemachten Angaben nicht unwesentlich modificirt.

1. Ein Rückblick auf Leydig's Darstellung seines plasmatischen Gefässsystems der Muskeln.

Bevor ich zur Mittheilung unserer Untersuchungsergebnisse schreite, liegt mir die Pflicht ob, eine persönliche Angelegenheit in Kürze zu bereinigen. Der verehrte Entdecker des plasmatischen Gefässsystems der Muskeln macht mir den Vorwurf, in einem wesentlichen Punkte unseres Themas ihn missverstanden, vielleicht, was ich nur ungern glauben möchte, ihn absichtlich missverstanden zu haben. Er nennt es ein seltsames Missverständniss, wenn ich angab, er habe die Fibrillen für hohl gehalten (meine weit ausdrücklichere Behauptung, dass er die „Kerne" nicht für hohl gehalten habe, rügt er nicht). „Mir dünkt nicht nöthig zu haben," sagt Leydig[3]), „mich dagegen zu wehren, da meine Abbildungen und Worte klar und deutlich besagen, dass die Lücken zwischen den contractilen Elementen, also „Fibrillen" liegen. Welcker hat hier zu offenbar einen Lufthieb geführt."

Auf Lufthiebe werde ich mich nicht einlassen. Nach wie vor aber muss ich behaupten: Leydig wusste nicht, wohin? mit seinem Lückensysteme und hat dasselbe statt in die „Kerne", in die Fibrillen verlegt. Warum, wenn er in dieser Beziehung klar gewesen wäre, sagt er es nicht, was hier doch als etwas Wesentlichstes gesagt werden musste: es ist nichts mit den „Kernen" in dem seitherigen Sinne, sie sind hohle, Bindegewebskörperchen ähnliche Gebilde? Aber die Muskelkerne spielen keine Rolle in Leydig's Beschreibung seines Hohlsystemes[4]).

---

[3]) Naturgesch. der Daphniden, 1860, pag. 32.

[4]) In den „zuweilen" erblickt werdenden Kernrudimenten, die Leydig allerdings einmal (pag. 158) nennt, hat derselbe offenbar nicht das zu sehen geglaubt, was man sonst unter dem Namen Muskelkerne als eines der gemeinsten Attribute des Muskelbündels kennt.

Leydig knüpfte an Bowman's und Kölliker's bekannte Abbildungen[5]) an. Was diese mit ihren „lichten Ringelchen" gemeint und auch ziemlich getreu abgebildet haben, sind unbestreitbar Fibrillen. Diese nun macht Leydig hohl in seinem Texte und rarificirt sie in seiner Abbildung — und die „Bindegewebskörperchen des Muskels" sind fertig. Aber weiter. Keineswegs sagt er nun, diese Hohlgebilde liegen zwischen Fibrillen, sondern er legt sie ein in die Bowman-Kölliker'sche interfibrilläre Substanz, welche nun, da irgendwo doch etwas Contractiles am Muskel bleiben musste, statt der Rolle des Verkittens, die Rolle der Contractilität erhielt. Die fibrilläre Funktion, die Contractilität, an die Zwischensubstanz übertragen, findet sich in Leydig's Darstellung; die Fibrillen aber gehen auf in dem Hohlsysteme.

Wer hat Leydig wohl anders verstanden? Bei Frey[6]) lesen wir: „Leydig hat übrigens, mag man von seinen Behauptungen denken, was man will, die Fibrillen übersehen, wie seine Zeichnung lehrt." Kölliker[7]) sagt von den Fibrillen: „— denn solche existiren in der That, und ich kann Leydig auch in dieser Beziehung nicht beistimmen." Und noch der neueste Autor über unseren Gegenstand, Steffan[8]), sagt: „Wie Leydig das Vorhandensein von Durchschnitten der Fibrillen oder Sarcous elements auf Muskelquerschnitten leugnen will, ist mir unbegreiflich."

Ich wundere mich, dass Leydig mir die Rüge seines Irrthums so sehr verübelt; nahm er doch keinen Anstand, Bowman und Kölliker und mit ihnen wohl der gesammten histologischen Welt den weit schwereren und überdies grundlosen Vorwurf zu machen, sie hätten — wirklich eine kolossale Zumuthung — Querschnitte der Muskelkörperchen vor sich gehabt und diese als Fibrillen gedeutet und abgebildet.

Oder sollte ich Leydig missverstanden haben[9])? Eine ganze Reihe von Referenten und Autoren könnte ich aufzählen,

---

[5]) Kölliker's Gewebelehre, 2. Aufl., Fig. 92.

[6]) Histologie und Histochemie, pag. 356.

[7]) Zeitschr. f. wissenschaftl. Zoologie. VIII. Bd., 3. Heft, pag. 318.

[8]) s. oben pag. 209.

[9]) Ich habe mir dies wiederholt einzureden gesucht, aber immer wieder auf obige Auffassung zurückkommen müssen. Möglich, dass eine etwas ausführlichere und eingehendere Darstellung Leydig Manches hätte anders schildern lassen. Was er uns über Muskelstructur gab, klingt allerdings

die Leydig alle ebenso verstanden haben, wie ich selbst. Kölliker (in der soeben citirten Abhandlung, pag. 314) sagt: „Forscht man nun nach der Natur dieser gezacktrandigen Hohlräume — — so kommt man bald zur Ueberzeugung, dass dieselben nichts anderes sind, als die längst bekannten Kerne der Muskelprimitivbündel in einem geschrumpften Zustande! Dieser Ausspruch mag allerdings etwas befremdend vorkommen, allein wenn man bedenkt — — so wird man meine Behauptung doch nicht ungerechtfertigt finden.“ Welchen Sinn, frage ich, würde diese Deduction Kölliker's gehabt haben, wenn Leydig auch nur mit einer Sylbe zu verstehen gegeben hätte, dass bereits er die „Kerne“ als Träger seines Hohlsystemes erkannt habe?

In Leydig's Lehrbuch der Histologie, pag. 48, lese ich: „Die in Distanzen auftretenden Längsstreifen des Primitivbündels sind ebenfalls die Lücken zwischen den das Bündel zusammensetzenden Muskelcylindern.“ Sollte ich darin nicht irren, dass unter diesen „Längsstreifen“ die sonst „Muskelkerne“ genannten Gebilde gemeint seien, so würde ich zweierlei zu bemerken haben: 1) Als das treffliche Lehrbuch Leydig's erschien, war der citirte Aufsatz Kölliker's, sowie mein kleiner Beitrag längst in Leydig's Händen. 2) Die Längsstreifen, die nun die Lücken sein würden, sind etwas ganz anderes, als die „lichten Ringelchen“ in Bowman's und Kölliker's Querschnitt, die, von Leydig als Hohlräume gedeutet, sind und bleiben Fibrillen.

2. Welche Aufnahme hat das plasmatische Gefässsystem der Muskeln seit Leydig gefunden?

Fragen wir bei denjenigen Autoren an, welche Leydig's Angaben einer Experimentalkritik unterworfen haben, und wenden uns, nach der Reihenfolge des Erscheinens der betreffenden Veröffentlichungen, zunächst an Kölliker[10]). Wir finden hier sofort geltend gemacht, dass Leydig's „gezacktrandigen Hohlräume“ nichts anderes, als die „Kerne“ der Autoren sind. Kölliker nennt dieselben bläschenförmig, lässt aber ein plasmatisches Gefässsystem der Muskeln weder dort noch hier bestehen. Die „Kerne“ der Muskelfaser bringt

etwas rhapsodisch und mehr nur wie eine vorläufige Mittheilung. Begründet hat Leydig die Annahme eines plasmatischen Gefässsystems der Muskeln; nachgewiesen hat er es schwerlich.

[10]) Zeitschr. f. wissensch. Zoologie. VIII. Bd. 3. Hft. pag. 311.

Kölliker überall nur in Beziehung zu deren Entwicklung und Wachsthum. Bei Besprechung der Gefässe des Muskels aber sagt Kölliker[11]): „so liegt jedes einzelne Primitivbündel in einem Flechtwerke von Capillaren und ist behufs einer allseitigen Durchtränkung mit Blut auf's Beste versehen."

Was meine (oben citirte) Darstellung unseres Gegenstandes anlangt, so lässt dieselbe keineswegs, wie Steffan sich ausdrückt, „*Leydig's* Canal- und Lückensystem" aus Zellen bestehen, sondern sie findet ein aus saftführenden Zellen gebildetes Hohlsystem in den seither als „Kerne" bezeichneten Gebilden. Communicationsäste dieser Hohlräume hat meine Abhandlung nirgends, als mit Bestimmtheit gesehen, behauptet, und es ist nicht genau, wenn Steffan (a. a. O. pag. 10 u. 27) dergleichen berichtet. Gesucht habe ich nach Communicationsästen auf das Angelegentlichste, ich habe ihre Existenz im Texte meines Aufsatzes als höchst wahrscheinlich bezeichnet, in dem pag. 238 und 239 gegebenen Resumé aber (zu dessen ganzem Inhalte ich mich noch heute bekenne) von jener Vermuthung geflissentlich nichts aufgenommen.

Von dreien später aufgetretenen Autoren ist meine Abhandlung — vielleicht in Folge ihrer sehr allgemein gehaltenen, das Wort „Muskel" nicht nennenden Ueberschrift — übersehen, jedenfalls nicht berücksichtigt worden. So kommt es, dass zunächst Rollett[12]), was das plasmatische System anlangt, nur an Leydig anknüpft. Er findet (pag. 365), dass Leydig's Beobachtung, es sei das Primitivbündel von einem Lückensysteme durchbrochen, richtig ist, bemerkt indessen, dass eine Aehnlichkeit mit Bindegewebskörperchen nur dann erzeugt würde, „wenn jene Spalten des Primitivbündels stellenweise durch innenliegende Kerne ausgeweitet würden," was aber „nicht immer der Fall ist." Von seitlichen Ausläufern des Canalsystemes ist bei Rollett keine Rede, und jedenfalls ist Rollett's Auffassung von der Leydig'schen hinlänglich verschieden, um Steffan von einem „Rollett'schen interfibrillären Canal- und Lückensysteme" sprechen zu lassen.

Die Angaben, die ich betreffs der Verbreitungsweise der Muskelkörperchen innerhalb der Muskelbündel machte (überall im Innern des Bündels bei Amphibien; vorzugsweise

---

[11]) Gewebelehre. 3. Aufl. pag. 192.

[12]) in Moleschott's Untersuchungen. III. Bd. pag. 345.

in der Nähe des Sarkolemma bei Säugethieren und dem Menschen; ein mittleres Verhalten zwischen diesen beiden Vorkommen bei Vögeln), sind durch Untersuchungen Rollett's und ebenso Steffan's an einer grösseren Zahl von Thierarten bestätigt worden [13]).

Der nun folgende Autor, Böttcher [14]), behauptet ein höchst manifestes, allseitig sich verzweigendes Canalsystem. Hatte ich etwa vorhandene Verbindungscanäle durch gelösten Farbstoff zu imbibiren gesucht, so bildet Böttcher ein von Carminkrümeln (!) erfülltes Canalsystem ab. Aber auch dieser Autor lässt das Leydig'sche Hohlsystem nicht unverändert. Er vertheidigt dasselbe (pag. 235) gegen das Kölliker'sche Vernichtungsurtheil, aber er fügt, indem beide Autoren theilweise Recht haben sollen, dem Leydig'schen Systeme gezacktrandiger Hohlräume die von Kölliker als einziges Constituens der gezacktrandigen Hohlräume namhaft gemachten „Kerne" hinzu (?). Sie werden die Kerne der neuen Muskel-Bindegewebskörperchen; als Zellmembran und Ausläufer findet das Leydig'sche Material Verwerthung.

C. O. Weber [15]) bemerkt, „dass die sogenannten Muskelkerne offenbar die Kerne von anastomosirenden, die Muskelprimitivbündel durchziehenden und umspinnenden Bindegewebszellen mit äusserst zarter Wand sind," und findet in Böttcher's Imbibitionsversuch, welcher „die Communication der Bindegewebszellen (des Muskels) dargethan," eine Bestätigung seiner Ansicht. Die beiden letztgenannten Autoren verwerthen diese Bindegewebskörperchen des Muskels wie für die normale Ernährung, so insbesondere auch für die pathologischen Veränderungen des Muskels.

Frey [16]) hält ein „Vorkommen von Bindegewebskörperchen und elastischen Röhren kaum mit der Zartheit des Muskelfadens und seiner Entwicklungsgeschichte vereinbar." „Doch habe ich," fährt dieser Autor fort, „an Schnittenden von mit

[13]) Meine Veröffentlichung über die Muskelfaser scheint Steffan derjenigen Rollett's in der Zeit nachzustellen, wiewohl die meine früher erschien, in Separatabdrücken bereits im Januar 1857 versendet wurde. Uebrigens finde ich die Angabe, dass die „Kerne" bei Amphibien in dem ganzen Primitivbündel verbreitet vorkommen (mithin nicht „Sarkolemmakerne" sein können), bereits bei Donders (Holländ. Btrge. I. Bd. 1846. pag. 56).

[14]) Arch. f. pathol. Anat. Bd. XIII. pag. 227.

[15]) Arch. f. pathol. Anat. XV. Bd. 5. u. 6. Hft.

[16]) Histologie und Histochemie. pag. 355.

salzsäurehaltigem Wasser behandelten Muskelfäden häufig ein System höchst feiner Röhren zum Theil mit Fettmolecülen im Innern isoliren können. Sie erscheinen als dunkele, etwa 0,0007 Mm. messende Fäden."

Sehr wenig günstig einem plasmatischen Gefässsysteme der Muskeln sind die Angaben Steffan's. Die „vermeintlichen Kerne" des Muskels, welche Steffan weder als Kerne, noch als Zellen, höchstens als wandungslose Massen gelten lässt, fallen ganz ausser Betrachtung. Die hierher gehörigen Worte Steffan's lauten: „Gegen Rollett's interfibrilläres Canal- und Lückensystem habe ich, vorausgesetzt, dass noch ein stricter Beweis für das Vorhandensein interfibrillärer Längscanäle am lebenden Muskel geliefert wird, da dann seine Ansicht ganz mit der meinen stimmt, durchaus nichts einzuwenden; nur muss ich das Vorhandensein irgend welcher Kerne darin als Kunstproduct des todten Muskels zurückweisen."

Nachdem wir gesehen, dass keiner der genannten Autoren das Leydig'sche Canalsystem in seiner ursprünglichen Form bestehen lässt, ist es nicht ohne Interesse, Leydig's jüngste Aeusserung über unseren Gegenstand zu vernehmen. Sie lautet[17]): „Das von mir im Innern der quergestreiften contractilen Substanz erkannte Lückensystem fehlt auch hier nicht, doch ist es schwieriger zu sehen, als z. B. bei den Cyclopiden, wo dasselbe ausserordentlich deutlich hervortritt und von den, einen Primitivbündel zusammensetzenden Primitivcylindern, begrenzt wird."

Vollständig unabhängig von Leydig's Entdeckung und Formulirung hat Führer[18]) eine vor allen anderen am weitesten gehende Theorie der plasmatischen Gefässsysteme aufgestellt, deren hier zum Schlusse ebenfalls gedacht werden mag. Es kann diesem Autor „auch anatomisch (!) kein Zweifel darüber sein, dass die plasmatischen Muskelgefässe direct aus feinen Blutcapillaren schöpfen." „Ein Theil der Capillaren," heisst es weiter, „incorporirt sich den Organen und wird wesentliches Element in ihrem Bau." „Die Zahnröhrchen, die Knochenkörper sind andere Beispiele des Uebergangs der Capillare in die Structur der Organe." — Eine Leiminjection der betreffenden Hohlräume von der Zahnpulpa und dem Perioste aus dürfte hier sehr am Orte sein.

---

[17]) Naturgesch. der Daphniden. 1860. pag. 32.

[18]) Arch. für physiol. Heilkunde. 1859. pag. 145.

3. Isolirbarkeit der Muskelkörperchen [19]).

Die quergestreifte Muskelfaser von Proteus anguineus zeigt, wenn man von den etwas beträchtlicheren Grössenverhältnissen absieht, frisch untersucht nichts Abweichendes von dem, was auch bei anderen Geschöpfen, z. B. dem Frosche, sich beobachten lässt. Dagegen habe ich in der Muskulatur in Spiritus aufgehobener Exemplare von Proteus, sowie auch in Chromsäurepräparaten, ein sehr geeignetes Object für die Isolation der Muskelkörperchen gefunden. Die Mehrzahl der unverletzten Muskelbündel zeigt die Muskelkörperchen allenthalben deutlich durchleuchten. Man isolire und zerklüfte nun einige Bündel unter der Loupe; das Mikroskop wird dann sowohl zwischen den Fibrillen, als frei ausserhalb des Bündels die Muskelkörperchen erkennen lassen. Sie sind in solchen Präparaten gestreckt ovale, etwas abgeplattete, glatt contourirte, zellenähnliche Gebilde (Fig. 3), deren Länge 0,040 Millimeter (0,024—0,050), die Breite 0,008 Mm. (0,006—0,012) beträgt, während die Dicke $^1/_3$ bis $^1/_4$ der Breite halten mag. Das Innere des Körperchens zeigt eine sehr feine, aber nicht eben reichliche Punktirung, die indessen erst im todten Objecte sich bilden mag (bei frischen Muskeln fand ich das Innere der Körperchen stets vollkommen klar). Niemals fehlt ein Kern (oder — je nach dem Range, welcher dem Muskelkörperchen selber zufällt — ein Kernkörperchen). Dieser Kern steht central, ist rundlich, 0,003 Mm. dick, deutlich gewölbt, von etwas fettartigem Glanze; aber ich glaube doch darüber sicher zu sein, dass sein Glanz nicht ganz so lebhaft, seine Lichtbrechung nicht ganz so stark ist, wie die eines Fetttröpfchens. Auch ist er selten so ganz glattrandig, sondern hier und da von deutlich krümeligem Ansehen. Dass Carmininbibition indessen stärker auf ihn gewirkt habe, als auf das Muskelkörperchen selbst, kann ich von diesen Präparaten des Proteus nicht behaupten. Doch werde hier sogleich erwähnt, dass ich dieses bei Proteus vermisste Verhalten beim Frosche wiederholt beobachtet habe.

Sehr häufig finden sich in Muskelkörperchen des Proteus zwei Kerne, die in der Regel etwas kleiner sind und, weit von einander getrennt, in den beiden Enden der Zelle liegen. Nicht selten ferner begegnet man innerhalb der Muskelbündel

---

[19]) Da für die in Rede stehenden Gebilde bis jetzt weder die Kern- noch die Zellennatur bewiesen ist, so behalte ich obige Bezeichnung, die nichts präjudicirt und überdies von mehreren Autoren adoptirt wurde, bei.

zwei unmittelbar hintereinander liegenden Muskelkörperchen, die dann meist etwas kleiner und weniger schlank sind, als die einzeln liegenden, und sehr daran denken lassen, dass sie durch Zellentheilung entstanden seien. Die mittlere Länge solcher gepaart liegenden Muskelkörperchen beträgt 0,022, die Breite 0,011 Mm.; die Dicke ihres Kernes 0,002. Zuweilen liegt ein Muskelkörperchen schräge im Bündel, was wohl auf eine durch Präparation bewirkte Verlagerung zurückzuführen sein dürfte. Dagegen weicht bei den gepaart liegenden Körperchen der Längsdurchmesser so häufig von der Längsaxe des Bündels ab, dass dies mehr normal erscheint und offenbar mit der Entstehung durch Theilung zusammenhängt.

Sind diese Körperchen nun wirklich dasjenige, was ich früher als Muskelkörperchen beschrieb, die Muskelkerne der Autoren? Sind sie nicht etwa Kerne von Blutkörperchen, oder sind sie Gefässkerne? Die erste dieser Fragen konnten wir uns entschieden mit ja, die beiden letzteren mit nein beantworten. Zunächst stimmt die Vertheilung der Körperchen innerhalb des Muskelbündels durchaus mit dem, was wir von der Lagerung der „Muskelkerne" innerhalb des Muskelbündels beim Frosche — und dies fand ich bei frischen Muskeln des Proteus ganz ebenso — wissen. Blutkörperchen und Muskelcapillare finden sich den unter's Mikroskop gebrachten Muskelbündeln allerdings häufig genug sehr innig angelagert, niemals aber können sie im Innern des Bündels auftreten. Die Kerne der Blutkörperchen sind an Grösse unseren Körperchen ziemlich ähnlich, doch meist weniger lang gestreckt, immer aber stärker gewölbt und niemals so glatt contourirt; sie entbehren des charakteristischen einfachen oder doppelten Kernkörperchens, während die Zellmembran des Blutkörperchens sich doch auch nur selten derart verbergen würde, dass der Kern desselben den Anschein eines Muskelkörperchens erheucheln könnte. Was die Gefässkerne anlangt, so sind sie meist länger gestreckt und besonders im Profile mehr zugespitzt, als die Muskelkörperchen, und es gelingt immer leicht, durch eine passende Manipulation die Wandungen des Capillargefässes sichtbar zu machen.

Aber vielfach passen auch die Beschreibungen, welche für die „Muskelkerne" von verschiedenen Autoren geliefert wurden, durchaus auf diese isolirbaren Muskelkörperchen des Proteus. Schon Schwann[20]) sagt von den „Zellenkernen" des Muskels,

[20]) Mikroskopische Untersuchungen. pag. 159.

sie „enthalten oft ein oder zwei Kernkörperchen;“ und weiter: „die Kerne sind platt.“ Die „Kerne“ des Froschmuskels beschreibt Kölliker[21]) als abgeplattete Körperchen, von 0,012, nicht selten 0,018—0,022 Mm. Länge, 0,004—0,007 Breite, während die Dicke etwa $^1/_3$ der Breite betrage. Er findet in den spindeligen „Kernen“ immer ein oder zwei kleine „Nucleoli, bald von blässerem, bald von dunklerem Ansehen, deren Grösse 0,001—0,002 Mm., manchmal selbst 0,003 Mm. beträgt.“

Aber auch von einer anderen Seite her erhielt unsere Ansicht von der Isolirbarkeit der Muskelkörperchen eine wesentliche Stütze. In einer inzwischen erschienenen Veröffentlichung, in welcher Leuckart von seinen interessanten Entdeckungen über die Entwicklung von Trichina spiralis einen vorläufigen Bericht erstattet[22]), heisst es von dem durch das Eindringen der jungen Trichine betroffenen Muskelprimitivbündel, dasselbe verliere „sogleich nach dem Eindringen seine frühere Structur, indem die Fibrillen in eine feinkörnige Substanz zerfallen und die Muskelkörperchen die Gestalt von ovalen Kernzellen annehmen.“ Aus den Aushängebogen einer soeben erscheinenden Monographie über Trichina machte mir Leuckart betreffs der eigenthümlichen „Zerstörung des Inhaltes des Sarcolemmaschlauches“ folgende nähere Mittheilung (pag. 32): „Die fibrilläre Substanz ist in eine feinkörnige Masse zerfallen, in der sich nur noch die früheren Muskelkörperchen unterscheiden lassen. Und auch diese haben eine Veränderung erlitten. Früher mehr gestreckt und spaltförmig, sind sie jetzt zu scharf umschriebenen, hellen und bauchigen Körpern geworden (0,010 bis 0,016 Mm.), die durch Anwesenheit eines sehr distinkten, 0,004 Mm. grossen, soliden, mitunter doppelten Kernes eine entschiedene Zellenähnlichkeit zur Schau tragen[23]).“

---

[21]) Zeitschr. f. wissensch. Zoologie. Bd. VIII. Hft. 3. pag. 314.

[22]) Nachrichten der G. A. Univ. u. der K. Gesellsch. der Wissensch. zu Göttingen. April 30. 1860. pag. 137.

[23]) Dieselben für irgend etwas anderes zu halten, als für unsere Muskelkörperchen (wohl gar, wie einmal geschehen, für die Excremente der Trichinen) ist nach Leuckart's Untersuchungen, sowie nach dem, was ich selbst von ihnen gesehen, geradezu unmöglich. Sie mögen, während die Fibrillen einer gänzlichen Zerstörung anheimfielen, immerhin, auch neben der leichten Isolirbarkeit, irgend eine mir bis jetzt nicht näher bekannte Abweichung den normalen „Muskelkernen“ gegenüber erlangt haben: den Character theilen die letzteren mit ihnen unbestreitbar, eigene Wandung, sowie einen Kern zu besitzen.

Von diesen kernhaltigen Muskelkörperchen sagte mir Leuckart, dass er sie durch Druck auf das Deckgläschen wiederholt aus dem Sarcolemmaschlauche hervorgedrängt und isolirt habe; er theilte mir Material mit, an welchem dasselbe auch mir gelungen ist[24]). Der Befund gleicht, was die Muskelkörperchen anlangt, vollkommen dem, was ich bei Proteus gesehen, insbesondere zeigen Leuckart's Handzeichnungen sehr deutlich die oben erwähnte charakteristische Stellung der Doppelkerne.

4. Fernere Eigenthümlichkeiten der Muskelkörperchen, insbesondere die Art ihrer Einlagerung im Muskelprimitivbündel.

Unsere Bemühungen, die Muskelkörperchen beim Frosche zu isoliren, blieben anfangs resultatlos[25]); später, nachdem der Spiritus mehrere Wochen lang gewirkt hatte, gelang auch hier die Isolation, wenn auch weniger leicht, als bei Proteus, und es zeigten die isolirten Muskelkörperchen des Frosches genau die bei Proteus und Kaninchen gefundenen Charaktere. Weiterhin aber haben wir die Muskeln des Frosches wiederholt zur frischen Untersuchung verwendet. Es ist ein Verdienst Steffan's, darauf aufmerksam gemacht zu haben,

---

[24]) Wiewohl Prof. Leuckart die Güte hatte, einigen Werth darauf zu legen, dass auch ich in seinen mir vorgelegten Präparaten die junge Trichina mit Entschiedenheit innerhalb des Sarcolemmaschlauches (nicht etwa auf oder unter demselben) liegen sah, so muss ich doch, Leuckart's genauen Constatirungen gegenüber, eine nähere Erörterung des von mir Gesehenen für gänzlich überflüssig erachten.

[25]) Kölliker (in der oben citirten Abhandlung, pag. 315) sagt von den Muskeln des Frosches, dass es durch keine Behandlungsweise gelinge, Zellen aus denselben zu isoliren. Freilich würde nach der herrschenden Nomenklatur unser Phänomen nur als eine Isolation der „Kerne" zu nennen sein. Aber auch davon findet sich bei Köliker keine nähere Angabe. Zwar lese ich in der neuesten Auflage seiner Gewebelehre (p. 209) von den „Kernen": „Durch Natron causticum kann man dieselben isoliren und durch Kali sehr aufquellen machen (Donders)." Die letztere Angabe (Holländ. Beitr. 1846. pag. 56) ist mir bekannt; von Isolation der Muskelkerne aber durch Natron kenne ich keine andere Angabe als jene von Kölliker (Mikr. An. 1850. I. pag. 206): „wenn man die Muskeln mit Alkalien behandelt, so fliessen die zum Theile aufgequollenen Kerne mit den sich auflösenden Fibrillen aus den zurückbleibenden Scheiden heraus und lassen sich, bevor sie sich auflösen, noch leicht isolirt untersuchen." Mittelst dieser Art von Isolation ist es mir niemals gelungen, die Muskelkörperchen für die Zwecke gegenwärtiger Untersuchung rein und intact genug zu erhalten.

dass die „Kerne“ des Muskels auch ohne Reagentien, und für mehrere Punkte ihres Verhaltens so sicherlich am Vortheilhaftesten, untersucht werden können[26]). Wir untersuchten nach Steffan's Vorschlag — freilich mit fast durchgehends anderem Resultate — die aus frischem Muskel isolirten Primitivbündel möglichst rasch, bei Zusatz von Blutserum sowie auch ohne Deckglas und ohne jeglichen Zusatz, und fanden auch hier die wohlbekannten Muskelkörperchen, wenn auch blass und wenig in die Augen springend, doch vollständig deutlich und mit allen wesentlichen Charakteren wieder. Ja es gelang uns an diesen Objecten über einen Punkt in's Reine zu kommen, dessen richtige Erkenntniss allein die sichere Zurückführung der mehr ovalen Formen der Muskelkörperchen auf jene sogenannten „spindelförmigen Muskelkerne“ möglich macht.

Die möglichst intact erhaltenen, innerhalb des Bündels untersuchten Muskelkörperchen zeigen sich auf den ersten Anblick spindelförmig, glatt contourirt, mit einem kleinen, aber deutlichen, centralen, 0,003 Mm. grossen Kerne (dem Kernkörperchen der Autoren). Es scheinen ferner auf den ersten Anblick beide Enden des Muskelkörperchens sich mit langen Ausläufern zwischen den Fibrillen zu verlieren, und es können solche Abbildungen, wie sie von Muskelbündeln in der Regel (und so auch in meiner Abhandlung, Tab. VIII., Fig. 2 und Fig. 5; desgl. von Steffan, Taf. I., Fig. 1) gegeben sind, nicht für absolut falsch erklärt werden. Nach wiederholter genauer Prüfung aber muss ich eine meiner früheren Angaben mit grösster Entschiedenheit zurücknehmen. Es ist die, dass das Muskelkörperchen zwei zugespitzte Endausläufer besitze[27]). Wiederholt und mit Entschiedenheit haben wir uns überzeugt — und an jedem frisch mit Blutserum untersuchten Froschmuskel ist es nachweisbar — dass die Muskelkörperchen mit abgerundeten Enden zwi-

---

[26]) Vielleicht ist Steffan's Abneigung gegen Reagentien etwas zu gross. Wozu denn, könnte man fragen, überhaupt Reagentien, wenn man doch nur dasjenige für in der Natur wirklich vorhanden ansehen will, was auch das frisch und ohne Reagens untersuchte Gewebe bereits, „wenn auch nicht so deutlich,“ gezeigt hat? Der grösste Theil der Nervenhistologie würde bei solchem Rigorismus in Frage gestellt sein. Man vergl. Donders, über den Gebrauch von Reagentien, in Holl. Beitr. Bd. I. pag. 52.

[27]) An diesen Irrthum, von mir und Anderen begangen, knüpften sich fernere fehlerhafte Anschauungen.

schen den Fibrillen liegen, dass aber die Fibrillen, den Seitenrändern des Körperchens dicht anliegend, an jedem Ende des Körperchens eine konische Lücke (im Bilde einen dreieckigen Spalt) leer lassen, der dann bei der Beobachtung leicht als ein Theil des Körperchens selbst angesehen werden mag, um so leichter, als derselbe eine ganz ähnliche Lichtbrechung wie das Körperchen selbst besitzt, auch wohl dieselbe Flüssigkeit beherbergen mag, wie das Muskelkörperchen.

Die hier berührten Structurverhältnisse, die insbesondere auch für die Beurtheilung der von Böttcher und Anderen vertretenen Ansichten von Wichtigkeit sind, scheinen bis hierher nicht die richtige Deutung gefunden zu haben. Es liegt nach meinen Untersuchungen das Muskelkörperchen (Fig. 1 *a*), bestehend aus einer glatten, falten- und anhangslosen, überall geschlossenen Wandung, einem flüssigen Inhalte und einem bis zwei kleinen rundlichen Kernen, in einem interfibrillären Spalte, *cc*, derart, dass dieser Spalt nicht vollständig von dem Körperchen ausgefüllt wird, sondern zwei konische, flüssigkeiterfüllte Lücken an den Enden des Körperchens übrig bleiben, welche, höchst fein zugespitzt, sich ganz unmerklich zwischen den Fibrillen verlieren. Mit Bestimmtheit habe ich mich überzeugt, dass diese Endlücken dem Muskelkörperchen nicht angehören, und dass sie, einzig von den Fibrillen umgrenzt, eine besondere Wandung nicht besitzen.

Mehrere Autoren haben Abbildungen gegeben, in welchen zwischen den Muskelfibrillen Zellen eingezeichnet sind, deren vermeintlicher Zellenraum offenbar nichts anderes ist, als der von mir statuirte interfibrilläre Spalt. Andererseits aber kenne ich keine Abbildung oder Beschreibung der „Muskelkerne", welche deren Lagenverhältniss zu den Fibrillen richtig darstellte, insbesondere den interfibrillären Spalt hervorgehoben hätte [28]).

Was die Grössenverhältnisse unseres Objectes anlangt, so fand ich bei drei genau gemessenen Muskelkörperchen frischer, in Serum untersuchter Bündel des Frosches in Millimetern:

---

[28]) Kölliker (Gewebelehre, 3. Aufl., Fig. 94 *A*) hat die bläschenförmigen Kerne in das Muskelbündel eingetragen, „und sind die Stellen derselben nicht selten durch stärkere Ansammlung von Fettkörnchen ausgezeichnet;" von Contouren des interfibrillären Spaltes aber findet sich bei Kölliker keine Andeutung. Auch Frey a. a. O. hat nichts von diesem Spalte.

	Nro. 1	Nro. 2	Nro. 3
Länge des interfibrillären Spaltes	0,032	0,041	0,044
Länge des Muskelkörperchens	0,018	0,024	0,025
Länge jeder der beiden konischen Lücken . .	0,007	0,009	0,010
Grösster Querdurchmesser des Spaltes wie des Muskelkörperchens	0,003	0,004	0,004
Kern des Muskelkörperchens	0,002	0,002	0,003

Als Mittelwerthe für die während ihres Einliegens in den Muskelbündeln gemessenen Muskelkörperchen des Frosches ergab sich: Länge 0,020 Mm.; Länge des interfibrillären Spaltes 0,040 Mm.

Im frischen Muskel dürften die konischen Endlücken des interfibrillären Spaltes wohl niemals fehlen. Nach Behandlung mit Essigsäure und verschiedenen anderen Reagentien (so auch bei unseren Proteusexemplaren) fehlen sie häufig; durch Quellung der Fibrillen werden sie in schmale Streifen verwandelt (Fig. 1 *d*), und ich muss in dieser Beziehung Abbildungen, wie sie auch Steffan, Tafel I., Fig. 5 *a*, gegeben hat, vollkommen beipflichten.

Mit Entschiedenheit aber widersprechen muss ich nach vorstehenden Beobachtungen der Angabe Steffan's (p. 13), die „Kerne" stellten am frischen Muskel „langgezogene, spindelförmige, einfach contourirte, vollkommen homogen aussehende Gebilde dar, deren beiderseitige Enden, allmählich spitz auslaufend, schliesslich in einen einfachen, dunklen Strich ausgehen." Dass Steffan (wie alle die Autoren, welche von spindelförmigen Muskelkernen reden) die beiden zarten Bogenlinien, mittelst welcher die beiden Enden des Muskelkörperchens sich von den „konischen Endlücken" des interfibrillären Spaltes absetzen, übersehen hat, ist mir um so auffallender, als Steffan, Taf. I., Fig. 7, roth imbibirte Muskelkörperchen abbildet, die nicht spindelförmig,

sondern eiförmig sind, so dass also nur der centrale Theil des ganzen in Frage stehenden Objectes (das Muskelkörperchen nämlich) sich roth gefärbt hat, die Endlücken aber ungefärbt blieben. Wie könnte dies der Fall sein bei vollkommen homogener Beschaffenheit?

Eben so entschieden widerspreche ich der Angabe Steffan's (p. 21), dass von einem Kerne des Muskelkörperchens „nirgends etwas zu sehen sei." Ich habe ihn wiederholt an frischen Präparaten gesehen, vermag ihn namentlich bei Froschmuskeln stark roth zu färben und in jedem Falle zur Demonstration zu bringen und beziehe mich ferner darauf, dass er von mehreren unserer besten Autoritäten als „Kernkörperchen des Muskelkernes," angeführt und abgebildet wird.

Pag. 20 seiner Abhandlung fragt Steffan nach der Existenz einer eigenthümlichen Hülle der von ihm untersuchten kernähnlichen Gebilde. Er würde dieselbe „für erwiesen halten," wenn es gelänge, „dieselben als selbstständige Gebilde mit deutlich sichtbarer Hülle zu isoliren." „Allein man wird vergebens Zeit und Mühe darauf verwenden." Er kommt zu dem Schlusse: „sie haben keine Hülle." Wird ein Muskelbündel der Quere nach so durchrissen, dass die Durchreissungsgrenze ein Muskelkörperchen trifft, so hört, wie Steffan sagt, der Contour des Muskelkörperchens „scharf am Abrissende der Muskelfaser auf" (vgl. Steffan's Taf. I., Fig. 7 α u. β). Dass Steffan solches sah, mag immerhin gelten; nicht aber sein Schluss. Zerbrechen wir ein Stück Thon, in welchem fossile Nüsse eingeschlossen sind, so ist die Einschliessung der Nüsse doch nichts weniger als widerlegt, wenn ein oder der andere Bruchrand zufällig nur die leeren Lager der herausgefallenen Nüsse zeigt [29]). Wenn aber Steffan fortfährt: „nie, und dies gilt ganz ausnahmslos, lässt sich über die Abrissstelle des Muskels hinaus — eine Spur einer Hüllenmembran jener Muskelelemente nachweisen," so ist dies allerdings ziemlich kategorisch geredet. Ich habe indessen dergleichen herausragende Muskelkörperchen gesehen, insbesondere hat Herr Jahn ein sehr instructives derartiges Präparat hergestellt (Fig. 3 *d*), welches, in Glycerin eingelegt, der

[29]) Man wird übrigens sehr lange suchen müssen, bis die niemals in einer Ebene querdurchreissenden Muskelbündel solche einspringende Lücken zeigen, wie Steffan's Abbildung. Ich habe nie etwas derartiges gesehen. Jedenfalls weit häufiger ist der im Texte von mir sogleich anzugebende Befund.

hiesigen Sammlung einverleibt wurde. Es giebt dieses Präparat genau das positive Bild dessen, was im negativen Bilde Steffan's Fig. 7 bei α und β zeigt. — Ganz ähnlich verhält es sich mit Steffan's Angaben pag. 22, zu welchen er (Taf. II., Fig. 1) der Länge nach zerfaserte Bündel abbildet, welche, zwischen je zwei Längsbruchstücken des mit Chromsäure und Aether behandelten Muskelbündels, leere Betten von Muskelkörperchen zeigen. So deutlich aber, wie wir die unverletzten Muskelbündel mit deutlichen kernhaltigen, in allen Tiefen des Bündels liegenden Muskelkörperchen durchsetzt sahen, eben so deutlich sahen wir bei längsgespaltenen Bündeln an der Spaltstelle hier und da ein Muskelkörperchen der Länge nach frei hervorragen, während die seinem freien Rande in einiger Entfernung gegenüberliegenden Fibrillen eine entsprechende Ausbauchung zeigten.

Die Frage nach der Hülle der Muskelkörperchen formulire ich näher: Lässt sich dem Körpercheninhalte durch irgend eine Präparation oder vielleicht optisch eine Hülle gegenüberstellen? Durch Präparation ist mir dies bis jetzt nicht möglich gewesen, so wenig, als es bei menschlichen Blutkörperchen gelingt, durch Einreissen oder Faltungen die Zellmembran nachzuweisen und so wenig es bei der glatten Muskelfaser bis jetzt gelungen ist, eine Zellmembran von dem Inhalte zu sondern. Aber durch Erwägung gewisser optischen Verhältnisse (auf deren Erörterung ich geeigneter unter 5 etwas näher eingehen werde), glaube ich die Existenz der Hülle feststellen zu können. Das Muskelkörperchen stellt sich als ein gestreckt linsenförmiges Gebilde dar, dessen Lichtbrechung um etwas geringer ist, als die des quergestreiften Muskels, so dass dasselbe aus diesem und aus anderen Gründen in seiner Hauptmasse schwerlich aus etwas anderem bestehen dürfte, als aus Flüssigkeit. Diese in Form eines flachen Ellipsoids zusammengehaltene Flüssigkeit lässt sich aber in dieser Form isoliren, es kann dies nur dadurch möglich sein, dass eine dünne, aber hinlänglich feste Substanzschicht (etwa von der Beschaffenheit einer Zellmembran) die Flüssigkeit umschliesst. Doppelte Contouren, etwa wie die Zona pellucida sie zeigt, darf man freilich nicht erwarten. — Aber warum lassen die Muskelkörperchen sich nur aus gewissen Präparaten, insbesondere nicht aus frischem Muskel isoliren? Doch wohl nur darum, weil in den einen Präparaten die zarte Hülle der Körperchen durch die Einwirkung von Chromsäure oder Alkohol eine grössere Festigkeit erhielt, die contractile Substanz aber ihre sonstige Klebrigkeit verliert und zur Längs-

zerfaserung tendirt. Insbesondere aber das Misslingen der Isolation frischer Muskelkörperchen spricht für die hier vorgetragene Ansicht; wären dieselben, statt flüssigkeiterfüllter Bläschen, solide, zusammengeballte Massen, so müssten sie, wenn auch mit grosser Schwierigkeit, doch wohl hier und da auch aus frischen Muskeln isolirbar sein. Den Eindruck der Bläschenform haben die „Muskelkerne" auf mehrere Autoren (ich nenne z. B. Kölliker) gemacht, wenn auch Gründe für diese Ansicht meines Wissens nicht beigebracht wurden.

Nach Vorstehendem muss ich Steffan's Ausspruch: „sie haben keine Hülle," als absolut unbewiesen zurückweisen, die Existenz einer Hülle aber nach allem, was ich bisher gesehen, als unzweifelhaft bezeichnen.

Steffan seinerseits kommt zu dem Schlusse, dass seine kern- und hüllenlosen Gebilde nichts anderes, als der vollkommen homogene, durch Essigsäure momentan coagulirbare Inhalt interfibrillärer Lücken sind und findet hierfür (p. 21) „einen stricten Beweis" in seiner soeben von mir gewürdigten Auffindung der am längsgespaltenen Muskel sich zeigenden leeren Lager. „So strict, wie möglich" (wiederholt Steffan pag. 22) ist hiermit „der Beweis für die Gegenwart interfibrillärer Lücken" im Muskelprimitivbündel an Stelle dessen, was die genannten Autoren Kerne genannt haben, geliefert."

Bedarf es einer ausdrücklichen Widerlegung dieser allerdings sehr stricten Behauptung? Wir kennen in den Faserstoffcylindern, welche bei Morb. Brightii von den Harnkanälchen geliefert werden, ein durch Abformung entstehendes Artefact von sehr prägnanter und constanter Gestalt. Wie indessen die Muskelkörperchen, wären sie nichts anderes, als zwischen den Fibrillen sich formende, wandungslose Massen, statt zugespitzte, streifenartige Körper von sehr wechselnder Länge zu bilden, zu einer so constanten Gestalt und Grösse, insbesondere wie sie zu den rundlichen Enden gelangen sollten, von den inneren Organisations-Verhältnissen ganz zu schweigen, alles dies möchte schwer zu erklären sein.

5. Stellen die Muskelkörperchen ein Hohlsystem mit communicirenden Ausläufern dar?

Diese Frage muss ich, was die Communicationswege anlangt, entschieden verneinen. Leydig nimmt, abgesehen

von längs der Axe des Bündels verlaufenden Communicationswegen, insbesondere auch Querausläufer an, er bildet solche auf dem Querschnitte des Bündels ausdrücklich ab in Fig. 26 *B*, pag. 47 seines Lehrbuches. Ich meinestheils habe mindestens die Längsausläufer, wie oben erörtert, als höchst wahrscheinlich bezeichnet. Die Bilder, welche man bei längsliegenden, frischen, mit Essigsäure behandelten Muskelbündeln erhält, sind für eine solche Ansicht in der That höchst verführerisch, insbesondere solche, bei welchen, wie dies auch Steffan sah (pag. 15), zwei bis drei Muskelkörperchen der Länge der Muskelfaser entlang durch eine „dunkle Linie" verbunden sind. Gestützt indessen auf das, was ich an isolirten, wie innerhalb der Bündel liegenden Muskelkörperchen sah, darf ich der Existenz von Ausläufern oder Communicationswegen der Muskelkörperchen mit Bestimmtheit widersprechen. Es zeigt sich an ihnen nirgends ein Anhang, weder solid, noch hohl.

Die interfibrillären Spalten freilich besitzen unzweifelhaft Ausläufer, und wenn Steffan (pag. 23) sagt, die Entscheidung dieser Frage sei „nicht so einfach", ferner „und es ist mir auch kein Mittel bekannt" u. s. w., so kann ich nur zur Antwort geben, es rührt dies daher, dass Herr Steffan die von mir gegebenen mikroskopischen Einstellregeln, „deren theoretische Richtigkeit er nicht im Geringsten bezweifelt", nicht anzuwenden beliebt hat[30]).

Die „dunkeln Linien" in welche die spindelförmigen Körperchen nach Steffan auslaufen, hätte derselbe eben so gut auch „lichte Linien" nennen können, es ist damit, wie

---

[30]) Herr Steffan sucht seine Resultate insbesondere dadurch zu empfehlen, dass er sehr freigiebig ist mit der Versicherung, „frei zu sein von Vorurtheilen", „auf eigenen Füssen zu stehen", „nicht gewohnt und gewillt, in verba jurare magistri." — Man kann getrost alle Schriftsteller eintheilen in solche, die dies stillschweigend glauben, und in solche, die es versichern. Die letztere Zahl ist die kleinere, und dies ist gut. Ein arges Vorurtheil aber liegt in dem landläufigen Glauben an den Zwiespalt zwischen Theorie und Praxis. Eine richtige Theorie wird niemals zum Schaden führen, freilich muss man sie richtig anzuwenden wissen. Ein Vorurtheil ist es ferner, dass jene theoretisch richtigen Regeln (pag. 25) „sich practisch darum weniger verwerthen lassen, als man sich bei Betrachtung so feiner Canallumina sehr leicht optisch täuschen kann, zumal wenn man schon vorher ein Canallumen zu finden wünscht oder nicht." Es scheint, andere Leute denkt sich Herr Steffan ziemlich stark in Vorurtheilen.

ich in einem früheren Bande dieser Zeitschrift dargethan[31]), überhaupt nichts Bestimmtes ausgesagt. Das Entscheidende aber liegt darin, dass jene Linien — wenn hier ein neues Wort gebildet werden darf — „senkeglänzend“ sind, d. h., sie werden, wenn die gegebene Einstellung des Tubus sie dunkel zeigte, licht durch Senken, niemals durch Heben des Tubus, sie bestehen mithin, ganz eben so wie die oben beschriebenen konischen Lücken, deren ganz homogene Fortsetzung sie sind, aus einer Substanz, die den umgebenden Fibrillen an Lichtbrechungsvermögen nachsteht, mithin ein in noch geringerem Grade fester Körper sein muss, als die Fibrillen selbst. Nach einer Tabelle, die ich in einer früheren Arbeit gegeben habe[32]), steht das Lichtbrechungsvermögen des frischen Froschmuskels demjenigen von wässerigen Flüssigkeiten so nahe, dass die interfibrillären Spalte und ihre linienförmigen Ausläufer sich der quergestreiften Substanz gegenüber nicht so entschieden senkeglänzend verhalten dürften, wenn uns ein Recht bleiben sollte, sie als etwas anderes aufzufassen, denn von Flüssigkeit erfüllt. Von eigener Wandung des Spaltes oder seiner linienförmigen Ausläufer konnte ich nirgends eine Spur nachweisen nnd bestreite ihre Existenz.

Uebrigens erwähne ich, dass auch Steffan (pag. 16) mit mir einverstanden ist, dass jene „wasserhelle spindelförmige Masse des frischen Muskels durch Essigsäure coagulirt“, mithin im lebenden Muskel aus Flüssigkeit bestehen müsste.

Mit dem Fallenlassen der Ausläufer gebe ich keineswegs meine frühere Annahme von der Function der Muskelkörperchen auf. Ich glaube noch immer (pag. 239 meiner ersten Mittheilung), „in den seither als Kerne theilweise gekannten Gebilden ein das Innere des Muskels durchsetzendes,

---

[31]) N. F. VI. Bd. 2. Hft. pag. 172.

[32]) „Ueber die Ausmessung des senkrechten Durchmessers mikroskopischer Objecte und über die Ermittelung der chemischen Qualität aus dem Lichtbrechungsvermögen“ (in Eckhard's Beiträgen zur Anat. u. Physiol.). Ich ziehe aus der erwähnten Tabelle hier folgende Ziffern aus:

Wasser	138
Blutserum des Menschen	139
Hühnereiweiss, frisch	139
Corpus vitreum	140
Frischer Froschmuskel	142
Gummischleim	147—149
Fett des pannic. adiposus	152
Glas	155
Trockenes Eiweiss	155
Zahnschmelz	179

sehr reiches System saftführender Hohlräume nachgewiesen zu haben[33])." Für meine Ansicht, dass die Muskelkörperchen von Flüssigkeit erfüllt seien, füge ich zu den vorher entwickelten Gründen noch hinzu, dass dieselben auf Querschnitten des getrockneten und wieder angefeuchteten Muskels leere Spalten darstellen, welche nach Grösse, Anzahl, Gruppirung und sonstiger Beschaffenheit gar nicht als Artefacte gedeutet, sondern nur als die klaffenden Muskelkörperchen, deren Flüssigkeit verdunstet ist, angesehen werden können.

Besitzt der Knochen ein plasmatisches Gefässsystem, Hohlräumchen mit communicirenden Ausläufern, so mag der Muskel, wofür ja in dem Knorpel bereits ein Beispiel bekannt ist, innerhalb geschlossener Höhlungen, den Muskelkörperchen, ein aus den Blutcapillaren entnommenes plasmatisches Transsudat beherbergen. Und dieses in keineswegs unerheblicher Menge, denn es betragen die Muskelkörperchen des Frosches nach meiner ungefähren Berechnung $^1/_{12}$ bis $^1/_{25}$ der gesammten Primitivbündel.

Nach diesen Prämissen scheint es mir wahrscheinlich, dass wenn durch Bewegungen der Muskulatur die Mischung der contractilen Substanz eine veränderte geworden, die Mischung der in den Muskelkörperchen enthaltenen Flüssigkeit angegriffen werde, und hierdurch eine Rückwirkung auf die Mischung der contractilen Substanz erfolgen müsse, in welcher endlich ich nichts anderes, als eine Restauration des Muskels erblicken möchte.

6. Sind die Muskelkörperchen Zellen, oder sind sie nur Kerne?

Diese Frage ist, wenn man sie überhaupt aufnehmen will, eine sehr missliche, und ich bin nicht der Meinung, sie hier entscheiden zu wollen. So lange man nicht über den Maassstab selber einig ist, so lange ist es unmöglich, dass der Messung ein allgemein gültiger Werth zukommen könne. Und so ist es mit dem Begriffe der Zelle. Eine Zelle ist ein geschlossenes Bläschen, meist mit einem darinliegenden festeren Gebilde, dem Kerne. Aber auch der Kern ist sehr häufig ein Bläschen, welches wiederum ein Centralgebilde einschliesst. Andererseits kann eine Zelle Kerne, sie kann aber auch Zel-

[33]) Von Leydig's plasmatischem Gefässsysteme würde das hier statuirte nach Obigem sich dadurch unterscheiden, dass die Communicationsäste wegfallen und dass gar nichts Gezacktrandiges daran vorkommt

len einschliessen. Eine bestimmte, in jedem einzelnen Falle stichhaltige Definition der Zelle fehlt[34]), es darf darum nicht wundern, dass dieselben Gebilde von verschiedenen Autoren bald als vollständige Zellen, bald als blosse Kerne gedeutet werden. Hier sind Widersprüche unvermeidlich, und es ist sicherlich schwer, die mannichfachen histologischen Elemente des Thier- und Pflanzenkörpers mit Consequenz jenen beiden Begriffen zu subsumiren. Erinnern wir uns nur des immer noch nicht geschlichteten Streites, ob das Ei, oder ob das Keimbläschen die Zelle sei, während, was die quergestreifte Muskelfaser anlangt, nach der einen Ansicht die ganze Faser eine einzige Zelle repräsentirt, nach einer anderen Meinung jede einzelne Fibrille eine Zelle darstellen soll.

Ich sehe die Muskelkörperchen als die Abkömmlinge desjenigen Gebildes an, welches innerhalb der embryonalen Muskelfaser deren einfachen, ursprünglichen Kern darstellt. Aber so wenig ich die innerhalb der Zona pellucida enthaltenen Embryonalzellen als Kerne der Eizelle bezeichnen möchte, eben so wenig möchte ich den innerhalb des Sarcolemmaschlauches enthaltenen Muskelkörperchen den Namen der Zelle versagen.

Die Muskelkörperchen, als Zellen aufgefasst, würden freilich einen ziemlich winzigen Kern besitzen, der überdies von einigen Autoren für ein blosses Fetttröpfchen angesehen wird[35]). Aber wir kennen ja in den menschlichen Blutkörperchen Zellen ohne jede Spur eines Kernes, deren Zellennatur, lägen nicht die entschieden kernhaltigen Blutkörper der niederen Wirbelthiere vor, wohl höchst bestritten sein dürfte.

Ich halte übrigens die Frage nach der Zellennatur des Muskelkörperchens für uns zunächst von untergeordneter Bedeutung. Möchte es nur gelingen, alle einzelnen hier zur Sprache gebrachten Verhältnisse des Baues dieser Gebilde ausser Zweifel zu setzen.

---

[34]) Ludwig sagt (Physiologie II. 160): „Die Zellen bestehen aus einer dehnbaren, porösen Haut, welche einen kleinen, Flüssigkeit enthaltenden Binnenraum umgrenzt, dessen verschiedene Durchmesser nicht gar zu beträchtlich von einander abweichen.“ Nach Kölliker (Gewebelehre, 3. Aufl. p. 10) müssen die Zellen „als anatomische und physiologische Einheit, als wirkliche organische Grundform, die durch eigene Thätigkeit sich erhält und weiter bildet, festgehalten werden.“ „Zellen sind vollkommen geschlossene Bläschen von 0,005 bis 0,010‴ mittlerer Grösse, an denen eine besondere Hülle, die Zellmembran, und ein Inhalt zu unterscheiden sind.“

[35]) Im Inneren der „Kerne“ der Muskelfaser beobachtet man sehr häufig kleine Fettbläschen. (Budge in Moleschott's Untersuch. VI. p. 48.)

7. Die mit communicirenden Ausläufern versehenen Muskelkörperchen anderer Autoren, insbesondere Böttcher's.

Was die von Böttcher eingeführte Form der Muskelkörperchen anlangt, so ist die Vermuthung, dass derselbe nicht Muskelkörperchen, sondern die ganz gewöhnlichen Capillare des Muskels imbibirt habe, meines Wissens zuerst mit Entschiedenheit von Henle[36]) ausgesprochen worden. Auch Billroth glaubt sich, wie ich aus einer bei Weber (a. a. O.) gefundenen Note erfahre, durch Wiederholung des Böttcher'schen Versuchs auf das Bestimmteste überzeugt zu haben, dass die durch Experimente gewonnenen Bilder falsch gedeutet seien. Auf die von Steffan an Böttcher geübte Kritik, die man bei Steffan selbst nachlesen möge, werde ich nicht eingehen, erwähne aber im Interesse unseres Gegenstandes, dass Steffan bei Wiederholung des Böttcher'schen Versuches dessen Resultat nicht bestätigen konnte und Böttcher's Bindegewebskörperchen für die Capillare des Muskels erklärt.

Ich selbst habe in Gemeinschaft mit Herrn Jahn Böttcher's Versuch mehrmals und immer ohne Erfolg angestellt. Zwei nach Böttcher's Vorschrift behandelte Frösche zeigten weder in den Muskelkörperchen, noch in den konischen Lücken des interfibrillären Spaltes auch nur eine Spur von Carminkörnchen. Diese Körnchen waren in unserem Versuche so fein, wie dies durch Zerreiben nur immer möglich ist (Böttcher hat die von ihm passend befundenen Durchmesser nicht angegeben). Wir haben indessen, die Möglichkeit eines Einwandes in jener Beziehung befürchtend, noch einen zweiten Versuch angestellt, in welchem wir aus ammoniakalischer Carminlösung den Carmin durch Essigsäure fällten, den gewonnenen, äusserst feinen Carminschlamm aussüssten und nun zu dem Versuche verwendeten. Dasselbe negative Resultat.

Wohl aber sahen wir bei beiden Versuchen an solchen Muskelpartien, an welchen — vielleicht erst auf dem Objectträger — gewöhnliche Imbibition gelösten Carmins erfolgt war, den interfibrillären Spalt geröthet, ja an mehreren Fasern, welche sich in optischem Querschnitte darboten, sah man sternförmige, röthliche Figuren (Fig. 2), indem die den interfibrillären Spalt umgebenden Fibrillen nicht ringsum in

[36]) Jahresbericht 1858. pag. 71.

dicht geschlossenen Reihen stehen, sondern hier und da schmale, radiär verlaufende Spältchen zwischen sich lassen. Ob hierdurch, oder ob in der durch andere Autoren angegebenen Weise Böttcher irre geführt worden sei, lasse ich dahingestellt. Böttcher's Abbildung seiner Körperchen macht, wenn man von den bifurcirenden Ausläufern einiger Körperchen absieht, ganz den Eindruck, als habe Böttcher unsere Muskelkörperchen vor sich gehabt und solche vollkommen deutlich, mit abgerundeten Enden im interfibrillären Spalte liegen sehen, die Körperchen aber als Kerne von Zellen genommen, als deren Wandungen der Contour des interfibrillären Spaltes herhalten musste. Ich habe für meine innerhalb dieses Spaltes liegenden Muskelkörperchen des frischen Muskelbündels kaum eine bessere Abbildung liefern können, und es ist mir augenblicklich in dieser Beziehung keine getreuere Abbildung der „Muskelkerne" bekannt, als sie in Böttcher's Fig. 1 durch die beiden obersten (zunächst des Querschnittes des Bündels) liegenden Körperchen gegeben ist. Es würde nur noch in Form eines centralen Punktes das „Kernkörperchen" einzutragen sein.

8. Nachschrift (vom 10. Juli 1860).

Während der Correctur dieses Bogens geht mir das soeben erschienene 1. und 2. Heft des XIX. Bandes des Arch. für path. Anat. mit einer Arbeit von Dr. Sczelkow zu, auf welche das von mir gegen die Böttcher'sche und ähnliche Auffassungen Beigebrachte fast durchgehends Anwendung findet. Zwei im interfibrillären Spalte liegende Muskelkörperchen hat Sczelkow (Taf. V, Fig. 2) mit vollkommenster Naturtreue abgebildet; im Texte aber finden wir auch hier den Spalt irrthümlich als Zellenraum aufgefasst, auch hier die querlaufenden Spältchen des optischen Querschnittes, deren ich oben Erwähnung that, als Zellenausläufer gedeutet. Möglich, dass die von Sczelkow pag. 219 erwähnten mehr rundlichen Zellen, welche in Folge mechanischer Reizung ihre Anastomosen verloren haben sollen (?), normalere, mit den meinigen stimmende Muskelkörperchen sind. — Von Böttcher's Karminkörnerversuch hat auch Sczelkow nur negative Resultate gesehen.

Zum Schlusse aber kann ich die Mittheilung machen, dass es mir nun auch gelungen ist, ein isolirtes Muskelkörperchen des Proteus derart bersten zu machen (Fig. 3 *e*), dass

dasselbe ein ähnliches Bild zeigt, wie solche u. a. von durch Druck gesprengten Säugethiereiern gegeben sind. Die Lücke des geborstenen Randes zeigt einen Theil des pag. 245 berührten feinkörnigen Inhaltes, in Form eines höchst zarten Büschels aus dem Körperchen herausgetreten, während der Kern im Körperchen verblieben ist. Der hier und da verbogene, geborstene Rand zeigt deutlich seine Kanten in Form einer höchst zarten, structurlosen Membran. Die gerade anwesenden Herren Dr. Köppe und Dr. Tegges haben das Präparat ganz ebenso beurtheilt. Es gelang, dasselbe zu conserviren. In demselben Präparate hatten sich zwei Muskelkörperchen innerhalb des unverletzt gebliebenen Sarcolemmaschlauches derart isolirt, dass sie frei in einer von Fibrillen leer gewordenen Stelle des Schlauches lagen.

So wäre denn nun, neben den optischen Gründen, auch der anatomische Nachweis der eigenen Wandung des Muskelkörperchens geliefert.

Resumé.

1) Die Muskelkörperchen (sog. „Muskelkerne“) sind isolirbare Bläschen, deren sehr zarte, structurlose Wandung einen flüssigen Inhalt nebst 1 oder 2 kleinen, soliden Körperchen einschliesst.

2) Dieselben liegen im Muskelbündel innerhalb wandungsloser, interfibrillärer Spalten.

3) Die Auffassung der Muskelkörperchen als Artefacte oder als wandungslose Massen (Steffan) ist unstatthaft.

4) Die Muskelkörperchen sind keineswegs gezacktrandige Gebilde (Leydig), sondern sie sind glatt contourirt.

5) Sie besitzen keinerlei Ausläufer; ein communicirendes Hohlsystem (Leydig) stellen sie nicht dar.

6) Die Vermehrung der Muskelkörperchen geschieht durch Theilung.

7) Die Funktionen der Muskelkörperchen beziehen sich auf die Entwicklung, das Wachsthum und auf die Ernährung des Muskels.

Erklärung der Abbildungen.

Fig. 1. Muskelbündel des Frosches, frisch in Blutserum untersucht.

a. Muskelkörperchen (a^1 dasselbe Muskelkörperchen in Isolation gezeichnet).

b. dessen Kern.

c c. konische Endlücken des interfibrillären Spaltes.

d. Muskelkörperchen mit fadenförmig verschmälerten Endlücken des interfibrillären Spaltes.

Fig. 2. Frisches Muskelbündel des Frosches bei schwacher Carmininbibition im optischen Querschnitte.

Man sieht Querschnitte der Muskelkörperchen, sowie Querschnitte der ihnen als Lager dienenden interfibrillären Spalte. An letztere sind weiterhin schmälere Spalte derart angesetzt, dass der Anschein radiärer Ausläufer entsteht. (Die Fibrillenquerschnitte sind in der Zeichnung absichtlich etwas stärker hervorgehoben.)

Fig. 3. Auseinandergefasertes Muskelbündel eines in Spiritus aufbewahrten Proteus.

a. interfibrilläres Muskelkörperchen.

b. gepaart- und theilweise querliegende Muskelkörperchen.

c c. isolirte, vollkommen frei liegende Muskelkörperchen.

d. ein Muskelkörperchen, welches mit dem einen Ende aus dem querdurchrissenen Bündel frei herausragt.

e. isolirtes Muskelkörperchen, durch Druck gesprengt, mit theilweise herausgetriebenem Inhalte.

Ueber das Wachsen der quergestreiften Muskeln nach Beobachtungen am Frosch.

Von

Dr. **August Weismann** in Frankfurt a. M.

(Hierzu Taf. VI. u. VII.)

Schon vor längerer Zeit waren mir in den Muskeln ausgewachsener Frösche wiederholt Primitivbündel vorgekommen, in deren Axe sich ein gegliederter, von parallelen Linien begrenzter Strang hinzog. Dieser wurde erst durch Anwendung von Reagentien sichtbar, sowohl bei Zusatz von Essigsäure in jedem Grade der Concentration, als von Kalilauge mittlerer Stärke. Er wurde dann klar und deutlich sichtbar, und schien aus dicht aneinandergereihten, sich drängenden und deshalb ihre ursprüngliche ovale Form in eine mehr viereckige abplattenden Kernen zu bestehen*). Ueber diese Kernreihe hinweg ging die Querstreifung, und in der Substanz des Muskelfadens lagen zerstreut noch einzelne Kerne, in der Art, wie dies in den Primitivbündeln des Frosches die Regel ist. Ich beobachtete dies damals in dem Hautmuskel der Brust; das betreffende Primitivbündel war von mittlerem Durchmesser, cylindrisch, und zeigte in seiner ganzen Länge von der einen Insertion bis zur anderen die centrale Kernreihe.

Ueber die Bedeutung dieser Erscheinung bin ich erst in jüngster Zeit in's Klare gekommen, seit mich der Zufall ein

---

*) Ich sehe soeben, dass Kölliker dieselbe Beobachtung bereits 1856 mitgetheilt hat, er fand „ganz schmale Muskelfasern, in denen die Kerne in dichter Aufeinanderfolge einen einzigen, centralen, meist einreihigen Strang bildeten.“ Siehe den Aufsatz „über die Endigungen der Hautnerven und den Bau der Muskeln“ in Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie. Bd. VIII. S. 311.

Mittel kennen gelehrt hat, welches die Primitivbündel isolirt, ohne sie in ihrem Bau erheblich zu verändern.

Legt man nämlich einen frischen, doch nicht mehr zuckungsfähigen Froschmuskel in eine Kalilauge von 35 %, so wird derselbe von den Rändern her durchscheinend, später dann wieder weisslich und trüb, und nach einer Viertelstunde ungefähr lassen sich bereits die einzelnen Primitivfasern mit der grössten Leichtigkeit aus ihren beiderseitigen Ansätzen sowohl, als aus ihrer Verbindung mit den Nachbarfasern lösen. Nach etwas längerer Zeit bedarf es nur des geringsten Streichens mit den Nadeln, um sämmtliche Primitivbündel frei in der Lauge umherschwimmen zu lassen.

Die Fasern quellen hierbei gar nicht auf, überhaupt verändern sie sich auffallend wenig, sie werden weder brüchig noch spaltbar und behalten ihre volle Biegsamkeit bei. Dagegen verkürzen sie sich in der Länge stets mehr oder weniger, werden also auch etwas dicker, und es bilden sich leicht Varikositäten und Einschnürungen, und zwar besonders dann, wenn der Muskel noch contractionsfähig in das Reagens gebracht wurde, indem er sich in diesem Falle ganz plötzlich auf die Hälfte etwa verkürzt und entsprechend verdickt.

Unter dem Mikroskop erscheinen die Primitivbündel mattweiss (nach kürzerer Einwirkung oft auch dunkel, bräunlich), die Querstreifung erhält sich vollkommen deutlich, wo sie überhaupt vorhanden war, die Kerne quellen auf, ihr Inhalt bleibt klar, und sie machen den Eindruck von ovalen Vakuolen, in welchen meistens der geschwellte Nukleolus als kleine Kugel sehr deutlich hervortritt.

Erst nach zweistündiger Einwirkung der Kalilösung fangen die Muskelfasern an brüchig zu werden, verändern sich aber im Ansehen nicht bedeutend und halten sich tagelang in der Lauge, ohne aufgelöst zu werden.

Mir ist kein Mittel bekannt, welches auf so leichte und vollständige Weise die Primitivbündel eines Muskels zu isoliren erlaubt, wie diese Kalilösung von 35 %. Ihre Wirkung ist wohl offenbar darin zu suchen, dass ein Körper erweicht oder gelöst wird, der die Primitivbündel untereinander, sowie dieselben mit der Sehne verbindet. Es geht auch wirklich ein Körper in Lösung über, der seinen Eigenschaften nach, soweit ich dieselben bis jetzt kennen gelernt habe, unter die Leime zu rechnen ist und welcher höchst wahrscheinlich identisch ist mit der verkittenden Substanz der Bindegewebsfibrillen.

Diese wurde bekanntlich zuerst von Rollett*) mittelst Baryt- oder Kalkwasser gelöst und als Proteinkörper betrachtet. Ich habe die Kalilösung von 35 % auf frische Sehnen einwirken lassen; der Erfolg ist ganz der nämliche, wie bei der Behandlung mit Baryt, nur wird die Quellung des Sehnenstückes dabei gänzlich vermieden.

Dieselbe Substanz scheint auch die Zellen der organischen Muskeln miteinander zu verkitten, Moleschott**) hat vor Kurzem dieselbe Concentration einer Kalilauge (32,5—35 %) zu ihrer Trennung angegeben, und ich kann aus vielfacher Erfahrung bestätigen, dass dadurch die organischen Muskelzellen mit grösster Leichtigkeit sich massenhaft isoliren lassen.

Erwägt man weiter, dass reine Zellengewebe, wie sämmtliche Horn- und Epidermoidalgebilde, wie ich finde, von der Kalilauge von 35 % in ihre einzelnen Bestandtheile, d. h. in Zellen zerlegt werden, so kann man sich kaum des Gedankens erwehren, dass es sich hierbei um eine in den meisten Geweben verbreitete Substanz, um einen allgemeinen Gewebskitt handelt, welcher sowohl die Bestandtheile einzelner Gewebe untereinander, wie auch die verschiedenen Gewebsarten zusammen verbindet.

Ich behalte mir vor, in Kurzem Ausführlicheres darüber zu berichten. Hier beabsichtige ich nur, die Beobachtungen zusammenzustellen, welche sich mir auf das Wachsthum des Muskels durch Neubildung von Muskelfasern zu beziehen scheinen.

Von verschiedenen Seiten her ist in neuester Zeit eine solche Neubildung versichert worden. Budge***) hat die Frage zu entscheiden versucht durch vergleichende Zählung der Primitivbündel eines bestimmten Muskels, einerseits bei jungen, andererseits bei ausgewachsenen Thieren. Er fand bei Letzteren eine weit grössere Anzahl von Fasern als bei Ersteren und schliesst daraus, „dass während des Wachsthums neue Muskelfasern sich bilden.“

Obgleich ich, wie man sehen wird, zu demselben Schlusse komme, so kann ich doch einige Zweifel über die Zuverlässigkeit der Beobachtungen, auf welche Budge seinen

*) Wiener Sitzungsberichte. Bd. XXX. S. 37.

**) Wiener med. Wochenschr. 24. Dec. 1859 u. Moleschott's Ztschr. Bd. IV. S. 99.

***) Bemerkungen über Structur und Wachsthum der quergestreiften Muskelfasern. Arch. für phys. Heilkunde. N. F. Bd. II. S. 71.

Schluss stützt, nicht unterdrücken. Gesetzt nämlich auch, es seien bei den Zählungen an erwachsenen Fröschen keine erheblichen Irrthümer durch zerbrochene Fasern mit untergelaufen, so muss ich doch zweifeln, ob bei jungen Fröschen wirklich alle Fasern gesehen wurden. Es kommen nämlich dort, wie unten ausführlicher besprochen werden soll, Muskelfasern von ausserordentlicher Feinheit vor. Hätte Budge sie gesehen, so würden sie ihn vermuthlich sogleich auf die Idee gebracht haben, dass sie neugebildet seien, wie auch meine eigenen Untersuchungen von diesem Punkt ausgegangen sind, jedenfalls würde er sie besonders erwähnt haben. Sind diese aber nicht mitgezählt worden, so ist zum mindesten die Differenz zwischen der Muskelfaserzahl erwachsener und junger Frösche zu gross ausgefallen. Ueberhaupt scheint es mir fast unmöglich, eine genaue Zählung bei jungen Thieren zu Stande zu bringen, jedenfalls müsste man aber einen anderen Muskel wählen, als den Gastrocnemius. Bei ihm setzen sich nämlich die Fasern alle schräg an die Fascie und, wie Budge auch bemerkt hat, keine einzige Faser hat die Länge des Muskels, sondern sie sind etwa ein Drittel so lang, bei erwachsenen Fröschen 0,5—0,7 Cm. Sie entspringen in Reihen hintereinander, dachziegelförmig sich deckend, um nach kurzem Verlauf sich in derselben Reihenfolge an die Sehnenhülse anzusetzen. Da nun bei feinen Muskelfasern sehr oft nicht mit Sicherheit zu sagen ist, ob ein Ende abgerissen oder natürlich ist, so ist eine genaue Zählung jedenfalls unmöglich, wenn man nicht zugleich das Kriterium der gleichen Länge hat. Ich würde daher zu solchen Zählungen einen Muskel mit sog. geraden Sehnenansatz, also z. B. den Sartorius, für weit geeigneter und das Resultat für viel zuverlässiger halten.

Budge hat sich zur Isolirung der Primitivbündel des chlorsauren Kali's mit Salpetersäure bedient, eines Reagens, welches ich bei dem Entdecker, Prof. Franz Schulze*) in Rostock, als ausgezeichnet zur Isolirung von Pflanzenzellen (z. B. in den Steinkohlen) kennen gelernt habe. Für thierische Gewebe ist indessen die Kalisolution mittlerer Stärke jedenfalls vorzuziehen, da diese viel weniger eingreifend wirkt. Halten sich doch zarte Zellen, Blutkörperchen lange Zeit sehr schön darin, indem nur der Kern aufquillt. Vor Allem aber wird eine Spaltung in Fibrillen und die

*) Siehe „Beitrag zur Kenntniss des Lignin's." Rostock 1856.

Brüchigkeit der Fasern vermieden, welche gerade in dieser Angelegenheit zu mannichfachen Irrthümern führen kann.

Die letzte der mir bekannten Arbeiten über quergestreifte Muskeln ist die von Margo*), welcher die embryonalen Primitivbündel aus sogenannten Sarkoplasten sich aufbauen lässt, kleinen, bereits quergestreiften, meist spindelförmigen Zellen, welche nicht wie Lebert**), Remak***) und Kölliker†) von ihren muskelfaserbildenden Zellen annehmen, durch beiderseitiges Längenwachsthum zu Primitivbündeln werden, auch nicht, wie die Spindelzellen Schwann's††), sich mit den Spitzen aneinanderreihen und so verschmelzen, sondern welche sich dachziegelartig an- und nebeneinander lagern und so verschmelzend den Inhalt eines Primitivbündels darstellen. Das Sarcolemma bildet sich dann noch besonders „aus einer Art von Verdichtung des umgebenden Blastems." Leider wurde mir die Margo'sche Arbeit erst bekannt, als die Zeit für Untersuchungen an Froschlarven bereits vorüber war, ich muss deshalb mein Urtheil über die Richtigkeit dieser Angaben um so mehr suspendiren, als es das gänzliche Fehlen von Abbildungen, Messungen und Angaben der Untersuchungsmethoden sehr schwer macht, sich ein Urtheil zu bilden über das Maass der Zuverlässigkeit der Angaben und die Möglichkeit und Art der Fehlerquellen. Wenn aber Margo auch im wachsenden Muskel neue Fasern durch Aneinanderlagerung von „Sarkoplasten" entstehen und das Dicken- und Längenwachsthum der einzelnen Primitivbündel durch Einlagerung von solchen vor sich gehen lässt, so beruht dies auf einem Irrthum.

Neue Primitivbündel werden allerdings im wachsenden Muskel gebildet, aber auf ganz andere Weise.

Wenn man einen beliebigen Muskel eines noch nicht ganz ausgewachsenen Frosches auf die angegebene Weise mit Kali behandelt und die isolirten Primitivbündel bei starker Vergrösserung durchmustert, so findet man stets einzelne, deren Durchmesser demjenigen der grossen Mehrzahl um ein ganz Bedeutendes nachsteht. Während als durchschnittliches Maass 0,037‴ für den Durchmesser angenommen werden kann,

*) Moleschott's Zeitschr. Bd. VI. Hft. 1 und Wiener Sitzungsberichte XXXVI. S. 219.

**) Annales des sciences naturelles. 3. série. t. 11. p. 349.

***) Untersuch. über d. Entwickl. d. Wirbelthiere. 1855. S. 154.

†) Zeitschr. f. wissenschaftl. Zoologie. Bd. IX. S. 141.

††) Siehe in Henle's „Allgem. Anatomie." S. 600.

beträgt dieser bei den feinsten Fasern nur 0,0007‴, eine geringere Dicke als die der Kerne (0,0017‴), welche in ziemlich grossen, regelmässigen Abständen (0,038‴ und mehr) in ihnen liegen. Sodann finden sich Fasern von 0,0011‴, 0,00238‴, 0,00357‴ Durchmesser und so fort in ununterbrochener Reihe aufsteigend*).

Diese feinen Fasern sind platt, bandartig, nicht cylindrisch, mit der zunehmenden Breite nähert sich dann auch ihr Querschnitt mehr dem kreisförmigen, die Grenze indess, bis zu welcher solche Fasern platt bleiben, lässt sich nicht mathematisch feststellen, doch habe ich bei einer 0,0041‴ breiten Faser, die noch sehr geringe Dicke von 0,0005‴ gefunden und noch breitere Fasern sind verhältnissmässig platt.

Querstreifung zeigt sich sehr häufig auch noch an den feinsten Fasern vollkommen deutlich, es kann demnach an der muskulösen Natur derselben kein Zweifel sein. Auch ist es mir mehrmals gelungen, dieselben an ganz frischen Muskeln ohne Anwendung irgend eines Reagens zu sehen. Man kann dann die Kerne nicht direct wahrnehmen, nur die Anschwellung der Faser an der Stelle, wo der Kern liegt, dagegen sieht man auffallend deutlich die Zusammensetzung des Inhaltes aus zwei scharf geschiedenen Parthien, kleine, länglich rechteckig erscheinende, das Licht stark brechende, dunkelrandige Scheibchen von 0,00058‴ Durchmesser und zwischen denselben wasserklare Zwischenräume.

Diese feinsten Fasern finden sich nun fast niemals einzeln, sondern sie liegen zu 2, 3, 4, 6, 8, 10 und mehr beisammen, und die Glieder einer solchen Gruppe sind dann in Bezug auf ihren Durchmesser nicht ganz gleich, sondern schwanken in gewissen Grenzen.

Um ein Beispiel anzuführen: ich fand im Gastrocnemius einer kleinen Rana esculenta ein Bündel von vier feinen Fasern, deren dickste 0,00476‴ im Durchmesser hatte, die dünnste 0,0011‴. In einem der Vorderarmmuskeln einer grossen Rana temp. habe ich eine Gruppe von zehn schmalen Fasern gemessen, die Durchmesser schwankten zwischen 0,00058‴ und 0,00773‴.

Nicht selten nun sind solche Gruppen feiner Fasern in der Mitte ihrer Länge in einer mehr oder minder langen

---

*) Sämmtliche in diesem Aufsatze mitgetheilten Messungen beanspruchen nur relative Richtigkeit, da sie alle an Präparaten gemacht sind, welche mit Kali behandelt waren. Uebrigens ist die Differenz nicht bedeutend, wenn man nur keine contractionsfähigen Muskeln mit dem Reagens behandelt.

Strecke zu einem Strang verbunden, und zwar erscheinen sie hier oft wie eingehüllt von einer matten körnigen Substanz, durch welche hindurch man undeutlich die einzelnen Fasern verfolgen kann. Nicht selten liegen an solchen Stellen kleine Kerne in dichtgedrängten Gruppen innerhalb der Fasern.

Stets haben alle Fasern gleiche Länge und zwar ganz dieselbe Länge, wie alle anderen Primitivfasern des Muskels, d. h. sie verlaufen von einem Sehnenansatz zum andern. Die Länge ist ganz unabhängig von ihrer Dicke; so sind in Muskeln, in welchen die Primitivbündel sich nur an Anfang und Ende des Muskels inseriren, wie z. B. im Sartorius, sämmtliche Fasern durchlaufende, auch die feinsten. Es giebt allerdings, wie Rollett*) gezeigt hat, Primitivbündel mit freier Endspitze mitten im Verlauf des Muskelbauches, allein dieselben sind so selten, wenigstens beim Frosch, dass sie hier ganz ausser Betracht bleiben können.

Das Vorkommen von feinen Muskelfasern muss es an und für sich schon sehr wahrscheinlich erscheinen lassen, dass sie neugebildet sind, da es sich wohl kaum denken lässt, wie einzelne Faserindividuen so sehr im Wachsthum zurückgeblieben sein sollten, wenn sie alle gleichzeitig im Embryo angelegt waren und gleiche Ernährung erhielten. Es finden sich auch die feinen Fasern nicht nur bei jungen Fröschen, sondern, wenn auch in geringerer Zahl, ganz in derselben Weise auch bei bereits ausgewachsenen.

Indessen erst der Zusammenhang zwischen ihnen und den am Eingange erwähnten Primitivbündeln mit centraler Kernreihe erhoben mir die Wahrscheinlichkeit, dass es sich hier um eine Neubildung handelt, zur Gewissheit, und liessen den Modus erkennen, nach welchem diese vor sich geht.

Fasern mit Kernreihen finden sich nämlich in den Muskeln der Frösche im Frühjahr nicht selten, nicht selten sogar sind sie mir in sehr grosser Anzahl und in den verschiedensten Muskeln begegnet.

Einiges ist bereits am Eingange über sie gesagt worden, ich füge hinzu, dass sich auch die Art ihrer Bildung sehr wohl beobachten lässt, indem sich mannichfache Uebergänge von der normalen Anordnung der Kerne zu dieser reihenförmigen zeigen.

In vollkommen ausgewachsenen cylindrischen Primitivbündeln von mittlerer Dicke und starker Querstreifung bemerkt

*) Wiener Sitzungsberichte. Juniheft 1856.

man nicht selten eine bedeutende Vermehrung der Kerne, viele sind in der Theilung begriffen, andere, bereits abgeschnürte liegen noch dicht zusammen, im Ganzen findet aber noch keine regelmässige Gruppirung statt. In einem weiteren Stadium bilden sich dann kurze, oft unterbrochene Reihen von drei, vier, sechs Kernen, meist sind in einem Primitivbündel mehrere Reihen zugleich in verschiedenen Tiefen des Muskelfadens vorhanden, zuweilen sogar liegen solche ganz oberflächlich, direct unter dem Sarcolemma, so dass sie im Profil hügelartige Erhebungen darstellen. Diese Reihen verlängern sich dann, schliessen sich aneinander an oder laufen nebeneinander her, die Unterbrechungen werden kürzer, ebenso rücken an Stellen, wo die Kerne in lockeren Reihen stehen, dieselben dicht aneinander und auf diese Weise kommt schliesslich die oben beschriebene dichtgedrängte Kernsäule zu Stande.

Nicht selten finden sich diese Uebergänge von der normalen Kernanordnung zur dichtgedrängten Kernreihe an ein und derselben Faser, indem die Kerne am einen Pol derselben noch ungeordnet sind und dann allmählich oder auch plötzlich zu einer Reihe zusammenrücken (Fig. VIII.). Immer aber sind neben der Kernsäule, sei sie einfach oder mehrfach, noch zerstreute, in grösseren Abständen von einander liegende einzelne Kerne vorhanden, ein Umstand, dessen Bedeutung späterhin klar werden wird. Ich habe bisher nur von Kernreihen gesprochen, welche in Primitivbündeln von grosser oder mittlerer Dicke sich befanden, weit häufiger noch beobachtet man solche an Fasern von geringerem Durchmesser und zugleich von veränderter Form. Solche Fasern sind mehr oder minder platt, bandartig, meist quergestreift, 0,0023 bis 0,0053‴ breit und enthalten entweder eine ganz durchlaufende centrale Kernsäule oder deren zwei partiell oder in der ganzen Länge von einander getrennte. Mit der Zunahme der Kernwucherungen wird die Faser stets breiter und blasser, zuletzt in der Weise, dass ihr Contour nur bei scharfem Zusehen genau zu verfolgen ist, während der mittlere Theil, welcher die Kernreihe unmittelbar umgiebt, anfänglich wenigstens noch von grösserer Dicke bleibt und oft noch sehr scharfe, dunkle Querstreifung zeigt, wenn diese sich an den verbreiterten Randparthien nur noch stellenweise erkennen lässt (Fig. VI.). Zuweilen nimmt die Dicke von der Mitte nach den Rändern zu so plötzlich ab, dass es das Ansehen hat, als wäre die Kernreihe von zwei schmalen Bändern quergestreifter Substanz eingefasst (Fig. VI. *b*).

In diesem Stadium treten dann eigenthümliche Spaltungen ein, auf welchen offenbar die Bildung neuer Fasern beruht. Es entsteht nämlich in der Nähe des verdünnten Faserrandes eine Spalte von verschiedener Länge, und zwar so, dass das zwischen Spalte und Rand liegende Stück in gewissen Abständen die vorhin erwähnten isolirten Kerne enthält. Dies geschieht meist an mehreren Stellen in der Länge einer Faser zu gleicher Zeit; verlängerte man die Spalten, so würden sie alle zusammentreffen und dann also eine bandartige, kernhaltige Faser von geringerer Breite, aber derselben Länge wie die Ursprungsfaser, von derselben ablösen. Die Spaltung beginnt nicht immer an denselben Punkten, man trifft da die verschiedensten Verhältnisse. Theils sind an den Sehnenenden bereits vollkommene Abspaltungen eingetreten, während im übrigen Verlauf nur einzelne kürzere correspondirende Spalten sich zeigen, theils hat sich eine junge Faser bereits in weiter Strecke vom Rande abgeschnürt und hängt nur noch an einer kurzen Strecke mit der Mutterfaser zusammen, theils sind in dem Mittelstück bereits lange Spalten vorhanden, während die Sehnenenden noch ungetheilt sind (Fig. VII., VIII. u. IX.). Sehr oft auch sah ich zwei- und dreifache Spaltungen nebeneinander (Fig. IX.), ja in einzelnen Fällen war eine solche platte Faser mit Kernreihe ganz zerspalten in vier bis fünf feine Fasern, deren jede isolirte Kerne in weiteren Abständen enthielt, und die, wenn auch auf grosse Strecken frei und vollkommen selbstständig in der Flüssigkeit flottirend, doch an anderen Stellen die ganz unversehrte, nirgends eingerissene oder auch nur die künftige Spaltung andeutende homogene Mutterfaser darstellten.

In diesem letzten Falle spalten sich natürlich von beiden Rändern her junge Fasern ab, nicht selten aber geschieht dies auch nur an einem. Es liegt dann die Kernsäule dem einen Rande viel näher, oft ganz dicht an. An dieser Stelle ist die Faser zugleich am dicksten, während nach dem anderen Rande hin sie sehr rasch sich verdünnt und hier nur einzeln liegende Kerne enthält (Fig. VI.).

Solche Bilder erinnern einigermaassen an die Zeichnungen, welche Remak*) von Muskelfasern der Froschlarven gegeben hat, wo auch eine, allerdings weniger dichte Kern-

*) Untersuchungen über die Entwicklung der Wirbelthiere. Berlin 1855. S. 154 und

Ueber die Entwicklung der Muskelprimitivbündel in Froriep's Notiz. Nro. 768 (1845).

reihe dem einen Rande näher liegt, während nach der anderen Seite hin sich nur einzelne Kerne finden, welche jedoch auch durch Linien verbunden wurden, welche dem Rande parallel liefen. Der Gedanke liegt nahe, es möchte bereits in diesem Stadium der Entwicklung eine Vermehrung der Primitivbündel auf dem Wege der Spaltung stattfinden. Für ein noch früheres Stadium hat sie Remak bereits nachgewiesen, indem er zeigte, dass die ovalen Bildungszellen der Muskelfasern, zur Zeit wo sie noch dunkelkörnigen Inhalt besitzen und von einer Querstreifung noch keine Rede ist, eine Theilung durch Abschnürung in der Längsaxe eingehen.

Die Spaltung erfolgt immer um die Kerne herum, nicht durch dieselben, wenigstens scheint das Letztere nur selten und ausnahmsweise vorzukommen. Eine Zeichnung besitze ich, wo in der Spalte zwischen Mutter- und Tochterfaser ein freier Kern liegt (Fig. IX. *g*), und eine andere, wo an dem Vereinigungswinkel beider ein Kern noch so in der Substanz liegt, dass er bei fortgesetzter Spaltung voraussichtlich in die Spalte hineinfallen würde (Fig. VII. *c*). Niemals aber erfolgt die Spaltung etwa durch eine Kernreihe hindurch, eine Bemerkung, die überflüssig wäre, wenn nicht das Aussehen dieser Kernreihen, besonders nach längerer Behandlung mit Kali, dem einer langen Spalte sehr ähnlich wäre.

Die Breite der auf dem Wege der Abspaltung neugebildeten feinen Fasern ist von Anfang an verschieden. Ihr Durchmesser steigt von 0,0005‴ aufwärts bis zu 0,0041‴; im Aussehen gleichen sie vollkommen den anfangs beschriebenen, gruppenweise zusammenliegenden und zuweilen an einer Stelle des Verlaufs noch vereinigten feinen Muskelfasern.

So wie nun Spaltung in feinste Fäden an schmalen Primitivfasern mit Kernreihe sich zeigt, so kommt eine Spaltung in noch ziemlich mächtige Glieder an ausgewachsenen Muskelfasern vor.

Die Bildung der Kernreihen in ihnen ist bereits besprochen. Der Modus der Spaltung unterscheidet sich von dem soeben geschilderten hauptsächlich dadurch, dass nicht eine Abspaltung am Rande eintritt, sondern sich die Faser in der Mitte, fast immer dichotomisch in zwei gleiche Hälften theilt. Auch hier geht die Spaltung Hand in Hand mit Kernwucherungen, auch hier ordnen sich die Kerne reihenweise, und zwar sieht man meistens zwei getrennte, oft sehr breite, doppelte Kernreihen (Fig. X.), zwischen welchen hindurch die Spaltung erfolgt; auch hier schreitet dieselbe nicht von den Enden her

vorrückend der Mitte zu, sondern sie beginnt gleichzeitig an mehreren Stellen (Fig. X.).

Es werden also hier aus Einer Faser zwei gebildet, deren jede von mittlerem Durchmesser eine centrale Kernsäule enthält. Nur selten sah ich Dreitheilung, und dann auch nur angedeutet, indem sich stellenweise Trennung in zwei Fasern fand, von denen die breitere dann wiederum kurze Spalten zeigte (Fig. XI.).

Die auf diese Weise neugebildeten Fasern scheinen mir in der Regel keine definitiven Bildungen zu sein, sie sind bestimmt, weitere Veränderungen einzugehen, und zwar jene, welche vorhin als der Spaltungsprocess in schmale Fasern beschrieben wurden. Sie sind demnach secundäre Mutterfasern. Ich glaube, dass die meisten schmalen, platten, bandartigen Fasern mit Kernreihe auf diesem Wege entstanden sind, und schliesse dies daraus, dass man an starken Primitivbündeln niemals eine so bedeutende Abplattung und Verdünnung beobachtet, wie sie zur Abspaltung feiner Fasern nothwendig zu sein scheint; dann aber lässt es sich auch direct nachweisen, dass Tochterfasern, welche aus dichotomischer Spaltung starker Fasern hervorgingen, wiederum zu Mutterfasern werden und sich in feine Fasern zerspalten.

Einen schönen Beleg dazu liefert z. B. Fig. IX. Hier sind zwei Kernreihen vorhanden, zwischen welchen hindurch die Faser bereits an fünf Stellen getrennt ist, die Spaltung in zwei Hälften ist also noch nicht beendet. Zugleich aber haben bereits an mehreren Orten die Abspaltungen an den Rändern begonnen. Es bilden sich hier zwei secundäre Mutterfasern, deren jede noch vor ihrer vollkommenen Lostrennung Tochterfasern abgiebt.

Es soll damit nicht gesagt sein, dass die Faser in Fig. IX. auf gleicher Linie der Abstammung stehe mit einer der Tochterfasern, z. B. in Fig. X. Möglicherweise könnte zwischen beiden noch einmal eine dichotomische Spaltung liegen. Die Beobachtung spricht nicht dagegen, indem sich dichotomische Theilungen bei ziemlich verschiedener Stärke der Fasern vorfinden.

Eine strenge Scheidung lässt sich überhaupt nicht festhalten zwischen diesen beiden Arten der Abspaltung, der Zweitheilung und der Randabspaltung und gänzlichen Auflösung der Mutterfaser in feine neugebildete. Man kann nur sagen, dass Ersteres bei starken, Letzteres bei schmalen, dünnen Fasern das häufigere ist. Ausnahmen finden sich aber nicht selten und die Mannichfaltigkeit der Formen ist auch

hier eine ausserordentlich grosse. Die Beurtheilung des einzelnen Falles wird besonders dadurch erschwert, dass schmale Fasern mit centraler Kernreihe, um zum Spaltungsprocess zu gelangen, sich wiederum verbreitern, wie wir gesehen haben, indem zuerst die Randparthien, später die ganze Faser platt und dünn wird.

Als Ausnahmefall betrachte ich z. B. Fig. VIII.

Eine mittelstarke, ganz normal gebildete Muskelfaser wird mitten in ihrem Verlauf plötzlich dünn, bandartig, verliert die Querstreifung und geht Spaltungsprocesse ein, und zwar nicht nur in der Mitte, sondern auch an den Rändern. Hier sind also alle drei Stufen an ein und derselben Faser zu beobachten, normales Verhalten, Kernreihen und dichotomische Spaltung und Randspaltung.

Ich komme auf die im Anfange beschriebenen bündelweise beisammen liegenden feinen Fasern zurück. Es wurde dort bereits gesagt, dass sie nicht selten etwa in der Mitte ihrer Länge noch zu einem Strange vereinigt gefunden werden.

Man kann wohl mit Sicherheit annehmen, dass sie hervorgegangen sind aus dem Spaltungsprocess einer Mutterfaser. Zwei Punkte aber bedürfen dabei noch einer Aufklärung. Erstens das Fehlen einer Faser mit Kernreihe innerhalb des Bündels, welche als Rest der Mutterfaser übrig geblieben sein müsste; zweitens aber die trübe Umhüllungsmasse, welche sich fast constant an dem Vereinigungspunkte der Fasern vorfindet, dieselben scheinbar zusammenhält und dem Blicke mehr oder weniger entzieht.

Zuweilen setzen die Fasern hier durch eine kolbige Masse granulirter, grobkörniger dunkler Materie hindurch, zuweilen sind es nur Fibrillen und spindelförmige Zellen des Bindegewebes, welche im Verein mit Capillaren diese Stelle umhüllen. Es ist mir nicht gelungen, zu einem sicheren Schlusse darüber zu kommen, hauptsächlich wohl, weil es nicht glückte, solche Bündel ohne Anwendung des Reagens zu sehen, dessen Einwirkung auf die Muskelfaser selbst zwar bekannt ist, aber nicht die auf ein noch Unbekanntes. Was die erste Frage betrifft, so sah ich nur in zwei oder drei Fällen in Mitten des Bündels eine schmale Faser mit Kernsäule, diese muss denn wohl für den Rest der Mutterfaser gelten. Meistens aber findet sie sich nicht. Ich glaube, dass sie nach Erzeugung der jungen Fasern zu Grunde geht, vielleicht steht damit das Auftreten der matten umhüllenden Substanz in Zusammenhang.

Für das Zugrundegehen der Mutterfaser spricht erstens eine feinkörnige, amorphe Masse, welche sich zuweilen zwischen einer Gruppe feiner Fasern findet. Dann aber ist es klar, dass, im Fall sie nicht untergingen, sie im fertigen Muskel massenweise vorhanden sein müssten. Das ist aber nicht der Fall, im Gegentheil kommen sie da gar nicht oder äusserst selten vor. Weiter aber habe ich auch wiederholt in stark wachsenden Muskeln Fasern gesehen, welche wohl als zerfallende gedeutet werden müssen. Es waren dies stets solche mit Kernreihe, schmal, ausserordentlich zart und ganz blass, ohne Spur von Streifung, zuweilen kaum noch deutlich erkennbar, die Ränder waren nicht mehr glatt, sondern splittrig, zeigten grosse Buchten und Löcher, welche sich besonders an den Enden häufig bis an die Kernnester heran erstreckten, diese nicht selten auch öffneten, so dass einzelne herausfielen.

Wie sich das Sarcolemma bei dem Theilungsprocess der Muskelfaser verhalte, lässt sich direct nicht wahrnehmen, es findet niemals eine Abhebung desselben vom Inhalte statt, allein man kann wohl daraus, dass überall scharfe, streng begrenzte Linien den Contur der Spalten sowohl, als der abgeschnürten Fasern bilden, den Schluss ziehen, dass dasselbe sich ebenfalls mit abschnürt, sich also ähnlich verhält, wie die Zellmembran bei dem Theilungsprocess der Zellen.

Wenn wir nun als feststehend annehmen, dass die mehrfach abgehandelten feinsten Muskelfasern Neubildungen sind, bestimmt, sich zur Mächtigkeit ausgewachsener Primitivbündel heranzubilden, so fragt es sich weiter, auf welche Weise geht das Wachsthum derselben vor sich.

Ich glaube, äusserst einfach; indessen sei es mir erlaubt, auf einige hierher gehörige Punkte etwas näher einzugehen.

Das Wachsthum der Primitivbündel in die Länge geschieht, nach dem, was ich gesehen habe, keineswegs durch Anlagerung von Zellen oder sog. Sarkoplasten. Es ist dazu auch gar kein Raum vorhanden. Die Sehnenenden der Primitivbündel sind noch vor Kurzem von Herzig und Biesiadecki*) ganz richtig beschrieben worden, sie sind mannichfach gestaltet, mehr oder minder rasch zugespitzt, abgerundet oder auch kolbig angeschwollen, stets aber bilden sie ein scharf abgegrenztes Ganze, welches mit den Bindegewebsfasern der Sehne auf verschiedene Weise verklebt ist. Wie man sich nun aber denken will, dass

*) Wiener Sitzungsberichte. Bd. XXXIII. S. 146.

zwischen diese so ausserordentlich feste und innige Vereinigung von Muskelfaser und Sehne noch etwas sich dazwischen lagern soll, ist mir unklar.

Wir haben gesehen, wie selbst neu sich bildende Fasern von Anfang an die ganze Länge des Muskels haben, nicht aber sich aus Spindelzellen zusammensetzen, welche sich allmählich zwischen den übrigen festverklebten Primitivbündeln emporarbeiten, und ich muss gestehen, dieser letzte Modus konnte wohl schon a priori für unwahrscheinlich gehalten werden, und dass man keinen anderen in Aussicht hatte, war wohl der Hauptgrund, der gegen eine Bildung neuer Fasern während des Wachsthums von vorn herein einnahm.

Eine zweite Frage ist die nach dem Dickenwachsthum. Hier kann ich den Margo'schen Angaben wiederum nicht beistimmen; es sollen sich nach ihm innerhalb des Sarcolemma's die besprochene contraktile Materie erzeugende Zellen einstellen und die Verdickung des Primitivbündels bewirken. Ich habe nie etwas derartiges bemerken können.

So auffallend es auf den ersten Blick erscheinen mag, dass aus einem 0,0007‴ dicken quergestreiften, Kerne verbindenden Faden Primitivcylinder von 0,04‴ und mehr Dicke hervorgehen sollen, ohne Anlagerung von aussen, rein nur durch inneres Wachsen, so drängen doch die Thatsachen entschieden zu dieser Ansicht. Das Auffallende verliert sich auch, wenn man bedenkt, dass die im Embryo angelegten Fasern auf dieselbe Weise zu den Primitivbündeln des erwachsenen Muskels sich heranbilden. Von Zellen innerhalb der Muskelfasern ist nie etwas zu sehen, dieselben enthalten die vielbeschriebene, quergestreifte contraktile Substanz als zusammenhängende einzige Masse, in welcher eingebettet die bekannten melonenkernförmigen Kerne liegen. Allerdings ist die contraktile Substanz nicht um dieselben gleichsam herumgegossen, so dass keine Möglichkeit eines partiellen Abhebens von ihnen gegeben wäre, vielmehr hat diese leichtveränderliche Substanz mehr Cohäsion in sich selbst, als Adhäsion zu dem Kerne, so dass es kommen kann, und man beobachtet dies ja oft, dass der Kern innerhalb einer von contraktiler Substanz freien Spalte liegt. Diese braucht nicht nothwendig durch Körnchen veranlasst zu sein, sie kann auch scheinbar leer, d. h. mit Fluidum gefüllt sein. Letzteres habe ich öfters an ganz frischen, mit Serum befeuchteten Froschmuskeln gesehen. An solchen Präparaten finden sich stets einzelne Primitivbündel, welche die Kerne ohne Zusatz eines Reagens vollkommen schön und scharf zeigen, diese liegen dann

meistens innerhalb einer solchen leer und hell erscheinenden Spalte (Fig. XVI. u. XVII.).

Es wird also durch die Kerne eine unvollkommene Abtheilung der contraktilen Substanz in grössere Gruppen hervorgebracht. Diese scheinen mir den „primitiven Cylindern" Leydig's zu Grunde zu liegen. Das von ihm beschriebene Lückensystem habe ich auch auf dem Querschnitte sehr wohl gesehen, und zwar auf dem frischen Querschnitte, wie man ihn gar manchmal erhält beim Abschneiden feiner Stückchen des Muskels mit der Scheere, besonders an solchen Stellen, wo mehrere Faserzüge sich kreuzen.

Man sieht dann zerstreut auf dem Querschnitte die von Leydig*) abgebildeten kreisrunden kleinen hellen Figuren, ausserdem, zuweilen schon ohne Reagens, Kernquerschnitte, beide um so zahlreicher, je dicker das Primitivbündel. Zwischen diesen kreisrunden Flecken habe ich mehrmals vollkommen deutlich eine feine, aber scharf markirte Punktirung gesehen, offenbar dieselbe, welche Henle als die Fibrillenquerschnitte an getrockneten Muskeln bereits in seiner allgemeinen Anatomie (S. 585) beschrieben hat.

Ich denke mir diese Punktirung entstehend aus dem ungleichen Vorstehen der einzelnen Fibrillen und glaube, dass sie hauptsächlich durch ihren Schatten sichtbar werden. Sie fehlen, sobald die Schnittfläche durch das Deckgläschen platt gedrückt und die vorstehenden Enden umgelegt werden. Ebenso fehlen sie an Querschnitten noch contraktionsfähiger Muskeln, welche durch den Schnitt sich in der Längsrichtung zusammenziehen, in der Breite aber auseinanderweichen, so dass unregelmässige, verästelte, helle Spalten die contraktile Substanz in Gruppen scheiden. Diese Gruppen selbst aber zeigen keine bestimmte Zeichnung, nur eine unregelmässig höckerige Oberfläche; die kleinen hellen Kreise finden sich dann häufig in den Kreuzungspunkten der Spalten.

Ich glaube, dass Kölliker**) vollkommen im Rechte ist, wenn er letztere als seine interstitiellen Körner anspricht. Sie erscheinen bei gewisser Einstellung als röthliche, helle runde Punkte, hebt man den Tubus, so entsteht ein seitlicher Schatten, wie der einer Kugel, und sie werden bald ganz schwarz, senkt man ihn, so bekommt man zerstreutes weisses Licht. Sicher bin ich darüber erst durch die Betrachtung

*) Histologie S. 47 und in Müller's Arch. 1856. S. 157.

**) a. a. O.

eines Schrägschnittes geworden, wobei man die Kugelform sehr leicht erkennt.

Wenn nun die hellen Kreise des Querschnittes auch häufig, vielleicht meistens Körner sind, so glaube ich, können doch auch blosse Lücken, in welchen die Körner fehlen, wenn sie sehr klein sind, kreisförmig erscheinen. Dann entsprächen also die Querschnitte der Kernspalten den kreisförmigen Figuren. Werden diese Spalten in Folge veränderten Contraktionszustandes weiter und länger, so entstehen die oben beschriebenen netzförmigen Figuren des Querschnittes.

Aus den angeführten Gründen scheint es mir irrig, parallel laufende, das Primitivbündel durchsetzende Röhrchen anzunehmen, und ebenso auch sich dasselbe aus grösseren cylindrischen Abtheilungen zusammengesetzt zu denken.

Sonach kann es auch keiner besonderen Schwierigkeit begegnen, wenn man die Zunahme der contraktilen Substanz beim Dickenwachsthum der Primitivbündel mit der Vermehrung der Kerne gleichen Schritt haltend denkt. Es handelt sich nicht um eine Anlagerung gesonderter Parthien, sondern um die von selbst durch das Vorhandensein der Kerne erfolgende unvollkommene Abtheilung einer einzigen zunehmenden Masse.

Dass die Fibrillen nicht als selbstständige Glieder zu betrachten sind, welche sich zu einem Ganzen vereinigen, sondern umgekehrt, als die Gliederung eines früher homogenen Ganzen, ist jetzt unbestritten; zu welcher Zeit des Wachsthums die Spaltung in Fibrillen erfolgt, lässt sich nicht wohl angeben, jedenfalls wachsen diese, einmal vorhanden, nicht unbegrenzt in die Dicke, da ihr Querschnitt auf dünnen und dicken Primitivbündeln ziemlich gleich gross ist. Ich habe solche Querschnitte mehrmals unmittelbar nebeneinander gesehen. Geringen Schwankungen des Volums mögen sie aber darum doch ausgesetzt sein, und man könnte einstweilen sich vorstellen, dass auch sie durch Längsspaltung sich vermehrten, sobald sich ihr Durchmesser bis auf einen gewissen Punkt vergrössert hat.

Noch einige wenige Beobachtungen möchte ich hier anfügen, ehe ich zur Zusammenfassung des Mitgetheilten übergehe. Es finden sich bei ausgewachsenen Thieren nicht selten Primitivbündel von bedeutendem Durchmesser, welche Spaltungen zeigen, ohne dass diese als Vorbereitung einer Neubildung aufzufassen ist. Ich habe solche in verschiedenen Muskeln beim Frosch gesehen, im Sartorius, Gracilis, Gastrocnemius, den Bauchmuskeln etc. Es sind theils

dichotomische Theilungen, wo die beiden Aeste von wenig geringerem Durchmesser als der Stamm getrennt bis zur Sehne verlaufen (Fig. XII.), theils aber nur partielle Spaltbildungen und einfacher Sehnenansatz (Fig. XIII.). Es sind dies wohl Fasern, welche im Process der Theilung stehen geblieben sind, nichtsdestoweniger aber mit den übrigen Fasern gleichmässig an Volum zugenommen haben *).

Im einzelnen Fall kann es zuweilen wohl zweifelhaft sein, ob man eine in der Theilung stehen gebliebene Faser vor sich hat, oder eine mit beginnender Theilung. Dass aber das Erste vorkommt, macht schon das Fehlen der Kernwucherungen wahrscheinlich, beweisend aber ist der mir kürzlich vorgekommene Fall von dichotomischer Spaltung einer total verfetteten, gänzlich kernlosen Muskelfaser.

Der betreffende Frosch war überhaupt ein vortreffliches Objekt für das Studium des wachsenden oder vielmehr des sich regenerirenden Muskels. Es war eine ausgewachsene Rana temp., welcher ich vor anderthalb Jahren zum Behuf anderer Versuche den linken Nerv. ischiadicus excidirt hatte. Den Winter über hatte das Thier sich mit knapper Nahrung begnügen müssen und war daher zum Skelett abgemagert. Seit etwa einem Monat aber war es sehr reichlich gefüttert worden, ohne dass dies jedoch schon auf sein Aeusseres bemerklich eingewirkt hätte.

Die Untersuchung ergab Folgendes: Die Muskeln beider Oberschenkel waren total verfettet, die Primitivbündel schmal, körnig, ohne Spur von Quer- oder Längsstreifung und gänzlich kernlos. Einige wenige Fasern machten davon eine Ausnahme, sie enthielten stellenweise noch einzelne Kerne und diese waren dann fast immer in Theilung begriffen, zuweilen bildeten sie schon kurze Reihen.

In den Wadenmuskeln dagegen (sowohl am unversehrten, als am gelähmten Beine) fand ich nur einen kleinen Theil der Fasern bereits bis zur gänzlichen Zerstörung der Kerne entartet, und alle anderen Fasern zeigten die Erscheinungen, welche der Neubildung von Fasern vorhergehen, in ausgezeichneter Weise, ungemeine Kernwucherung, massenhafte,

*) Für die Präexistenz der Fibrillen führe ich folgende Beobachtung an, welche ich kürzlich an einer grossen Rana temp. machte. Ohne Zusatz eines Reagens nämlich quollen aus den Schnittenden der Primitivbündel dicke Massen feiner quergestreifter Fibrillen heraus, häufig einzelne als lange Fäden frei im Wasser flottirend. Es war dies auch an solchen Muskelfasern der Fall, an welchen im übrigen Verlauf keine Längsstreifung zu erkennen war.

oft doppelte, drei- und vierfache Kernsäulen, viele dichotomische Theilungen, dagegen noch gar keine feine Fasern, mit Ausnahme einiger weniger Gruppen, welche aber verfettet waren, keine Kerne enthielten und also älteren Datums sein mussten. Sehr merkwürdig auch erschienen mir solche Fasern, welche streckenweise fettig entartet waren und keine Kerne enthielten, während an anderen Theilen derselben die Kerne noch nicht zerstört waren und sich in lebhafter Vermehrung befanden. Gegen solche kernlose Stellen schienen die Kernreihen von beiden Seiten her vorzurücken. Dasselbe Verhalten zeigte sich in allen Muskeln dieses Thieres, welche alle mehr oder weniger fettig zerstört waren, aber stets an den verschonten Fasern Kernwucherungen und Theilungserscheinungen darboten.

Versuchen wir nun das Wesentliche aus den mitgetheilten Beobachtungen herauszunehmen, so liesse es sich vielleicht in Folgendem zusammenfassen.

Das Wachsen der Muskeln geschieht beim Frosch nur theilweise durch Zunahme der bereits im Embryo angelegten Fasern, es findet daneben eine recht bedeutende Vermehrung der Fasern statt. Diese geht von den bereits vorhandenen Primitivbündeln aus, und zwar in der Weise, dass zuerst die Kerne durch Theilung sich vermehren und in dichtgedrängten Reihen anordnen. Diese Reihen verlängern sich bis zu beiden Ansatzpunkten der Faser. Zugleich verbreitert sich diese und verdünnt sich, wird relativ platt und theilt sich dann der Länge nach so zwischen den beiden Kernreihen durch, dass in jede Hälfte eine Kernreihe zu liegen kommt. Eine jede der beiden neugebildeten Fasern setzt sodann den Theilungsprocess weiter fort, indem die Kerne fortwuchern, die Faser sich immer mehr abplattet und sich dann, meist zu gleicher Zeit, mehrere Fasern nebeneinander von verschiedener Breite abspalten, und zwar so, dass sie in gewissen Abständen Kerne enthalten. Indem dies also in beiden Mutterfasern in gleicher Weise vor sich geht, entstehen schliesslich aus einem Primitivbündel zwei Gruppen schmaler, bandartiger Fasern, welche meistens deutliche Querstreifung besitzen und frei nebeneinander liegen. Die Parthie der Mutterfasern, welche die Kernsäule enthielt, geht zu Grunde.

Indess drückt dies Schema nur den häufigeren Gang des Processes aus, in der Natur kommen mannichfache Abweichungen davon vor, hier getrennte Stufen geschehen gleichzeitig oder werden auch ganz übersprungen. So können Primitivbündel geringerer Dicke ohne vorbereitende dichotomische

Spaltung sogleich den definitiven Spaltungsprocess eingehen, und auch bei starken geschieht dies zuweilen.

Das weitere Wachsthum der neugebildeten feinen Fasern geschieht, indem sich Kerne wie contraktile Substanz allmählich vermehren; aus dem Bande wird ein Cylinder, der dann schliesslich den Process, durch welchen er entstanden ist, von vorn beginnen kann, Kernreihen erzeugen und zur Mutterfaser werden kann.

Es ist mir nicht unwahrscheinlich, dass auf diese Weise nach und nach eine gänzliche Erneuerung sämmtlicher Fasern eines Muskels zu Stande kommt, es wird dies schon durch das Vorkommen von Neubildungsprocessen in ausgewachsenen Thieren wahrscheinlich. Weitere Beobachtungen müssen Genaueres sowohl hierüber lehren, wie auch über das Lebensalter, in welchem zuerst dieser Modus der Faserbildung beginnt.

Man könnte wohl auch an eine periodische Zunahme der Faserzahl eines Muskels denken, so etwa bei den Bauchmuskeln des trächtigen Weibchens. Ich fand sehr oft in den Muskeln der Vorderarme erwachsener Männchen der R. temp. im Frühjahre massenweise alle oben beschriebenen Entwicklungsformen beisammen, während sie in den übrigen Muskeln nur sporadisch vorkamen. Bekanntlich dienen die Arme dem Männchen im Frühjahr zum Umklammern des Weibchens bei der Begattung. Indessen ist mir kein Muskel vorgekommen, in welchem sich nicht gelegentlich Theilungserscheinungen vorgefunden hätten, auch in der Zunge sah ich sie einmal in Menge.

Im Herzen dagegen sind die Verhältnisse ganz anders. Die Muskulatur des Herzens bei den Batrachiern, Sauriern und Fischen besteht, so weit ich bis jetzt sie untersucht habe, nicht aus cylindrischen, langen Muskelprimitivbündeln, sondern aus quergestreiften Muskelzellen, theils spindelförmigen, theils solchen mit drei und mehr Ausläufern. Ich hoffe in Kurzem hierüber etwas ausführlicher berichten zu können.

Erklärung der Abbildungen.

Fig. I. Zwei feine Muskelfasern aus den Oberschenkelflexoren einer kleinen Rana esculenta mit Kali behandelt. Mehrfach Querstreifung. An den Umschlagstellen (*a a*) bemerkt man die geringe Dicke der Faser. *b b* Sehnenenden. Vergröss. 300.

Fig. II. Eine feine Faser aus demselben Muskel. Ohne Reagentien. Vergröss. 300.

Fig. III. Ein Bündel feiner Muskelfasern aus dem Gracilis einer kleinen Rana esculenta. Mit Kali behandelt. Es ist nicht die ganze Länge der Fasern gezeichnet, nur bei *a* ein Sehnenende. Mehrfach schwache aber deutliche Querstreifung (*b b*). *c* die Vereinigungsstelle, welche etwas dunkler und von Bindegewebsfibrillen umgeben erscheint. Durch Druck und Bewegung des Deckplättchens war es nicht möglich, sie hier zu trennen. Vergröss. 300.

Fig. IV. Ein mitteldickes Primitivbündel aus der Zunge eines Frosches mit Kali behandelt. Zeigt die Entstehung der Kernreihen. Vergrösserung 300.

Fig. V. Ziemlich schmales Primitivbündel aus dem Tibialis anticus einer grossen Rana temporaria mit Kali behandelt. Durchlaufende centrale Kernreihe mit nur kurzen Unterbrechungen, ziemlich regelmässig gestellte einzelne Kerne an den Rändern. Querstreifung nicht vorhanden. Vergröss. 150.

Fig. VI. Schmales Primitivbündel (secundäre Mutterfaser?) mit Kernreihe aus den Vorderarmmuskeln einer Rana temporaria, mit Kali behandelt. Bei *a* ist der Randtheil bereits einseitig bedeutend verbreitert, während die Kernreihe im dicksten Theile der Faser liegt und von zwei Bändern contraktiler Substanz eingefasst erscheint (*b*). Bei *c* war offenbar bereits partielle Spaltung dicht am Rande eingetreten, bei der Präparation ist die Spalte durchgerissen worden, bei *d* scheint sich die Spaltung um den Kern herum vorzubereiten. *e* Sehnenende. Vergrösserung 300.

Fig. VII. Eine im Spaltungsprocess begriffene Muskelfaser aus den Vorderarmmuskeln einer mittelgrossen männlichen Rana temporaria. Mit Kali behandelt. *a* die centrale Kernreihe der Mutterfaser. *b* eine Tochterfaser, in ziemlich langer Strecke bereits abgelöst. *c* ein Kern, der bei weiterer Spaltung vermuthlich frei werden wird. *d* die der Tochter-

faser *b* entsprechenden Spaltungen am einen Sehnenende der Faser. *c* eine zweite Tochterfaser, durch Spaltung am anderen Faserrande entstanden; bei *f* ist sie wieder mit der Mutterfaser vereinigt, die Vereinigungsstelle ist hier nicht zu sehen, weil an der Rückseite gelegen. Das Stück von *g* bis *h* war auch bereits frei, ist aber abgerissen. Vergröss. 300.

Fig. VIII. Mitteldicke Primitivfaser aus der Zunge, mit Kali behandelt. Durchmesser bei *a* = 0,0297 ‴, starke Querstreifung, normale Kernanordnung. Bei *b* Verschmälerung auf 0,0195 ‴ und zugleich Verdünnung, die Kerne ordnen sich reihenweise; bei *c* Spaltungen. *d* ein Stück einer Tochterfaser, welches an seiner oberen Verbindungsstelle mit der Mutterfaser abgerissen ist. *e* eine eben solche, aber noch nicht vollständig abgeschnürt und daher fest anliegend. Vergröss. 300.

Fig. IX. Aus den Vorderarmmuskeln einer mittelgrossen männlichen Rana temporaria, mit Kali behandelt. Eine im Spaltungsprocess befindliche Faser. Zwei durchlaufende Kernreihen, zwischen welchen bereits an fünf Stellen Spaltung eingetreten ist (*a a*). Bei *b b* Randabspaltung und Entstehung einer Tochterfaser mit eigenem Sehnenende (*f*). *c* Abspaltung einer Tochterfaser vom anderen Rande, welche bei *d* abgerissen ist. Bei *e* dreifache Kernreihe, deren eine tiefer liegt und vermuthlich dem Sehnenende *f'* entspricht. Bei *g* ein freier Kern in der Spalte. Bei *h* ein Stück einer abgerissenen, wahrscheinlich bereits in der ganzen übrigen Länge abgespaltenen Tochterfaser. *f''* Sehnenenden.

Fig. X. Stück eines starken Primitivbündels aus dem Gastrocnemius einer grossen Rana temporaria, mit Kali behandelt. Dasselbe war an mehreren Stellen dichotomisch eingespalten, eine davon ist hier gezeichnet. *a* Mutterfaser. *b b* Tochterfasern. *c* Kernreihen, häufig doppelt liegend.

Fig. XI. Ein in der Theilung begriffenes (oder in dem Theilungsprocess stehen gebliebenes?) starkes Primitivbündel aus dem Gracilis des Frosches, mit Kali behandelt. Bei *a* hat es sich umgeschlagen und man sieht die eine der getrennten Hälften über die andere weglaufen. Kernreihen *b b*. Dreifache Spaltung bei *c*. Vergröss. 80.

Fig. XII. Dichotomisch gespaltenes Primitivbündel aus dem Sartorius eines ausgewachsenen Frosches. Stamm bei *a* = 0,07 ‴ Durchmesser, Aeste = 0,05 ‴. Vergröss. 200.

Fig. XIII. Gänzlich verfettetes, kernloses Primitivbündel aus dem Vastus ext. fem. einer grossen Rana temporaria, mit Kali behandelt. Bei *a* und *b* dichotomische Spaltung. Bei *b* decken sich die beiden Hälften zum Theil. Vergröss. 200.

Fig. XIV. Querschnitte von Primitivbündeln aus dem frischen, doch nicht mehr todtenstarren Rectus femor. des Frosches, mit Eiweisslösung befeuchtet, ohne Zusatz von Reagentien. *a* Sarcolemma. *b* Kernquerschnitte. *d* die interstitiellen Körner der Kernspalten. *c* die Fibrillenquerschnitte, stellenweise deutlich als kreisähnliche Figuren sichtbar.

Fig. XV. Eben solcher Querschnitt, doch fehlen die interstitiellen Körner hier gänzlich, während die Querschnitte der Fibrillen deutlicher sind. Vergröss. 300.

Fig. XVI. Primitivbündel aus dem noch zuckungsfähigen Muskel mit Eiweisslösung befeuchtet und ohne Zusatz von Reagentien. Man sieht die Kerne innerhalb spindelförmiger Spalten liegen, diese zeigen aber nicht Körner als Inhalt. *a* Kern in der Theilung. *b* Kern von der Kante gesehen.

Fig. XVII. Eben solches, auf dieselbe Weise behandelt. Die Kerne sind hier vollständig umschlossen von der contraktilen Substanz. Man bemerke den Unterschied in der Querstreifung, welche hier weit, in Fig. XVI. eng ist, als Ausdruck eines verschiedenen Zustandes der contraktilen Substanz.

Pneumatologische Notizen.

Von

Dr. **Setschenow** in Petersburg.

Die vorliegende Untersuchung war in ihrem jetzigen Umfange bereits Ende Januar dieses Jahres in Heidelberg beendet. Der Grund, warum sie so spät im Drucke erscheint, ist folgender: in den Versuchen, welche den Inhalt dieser Abhandlung bilden, ist fettes Oel als eine Flüssigkeit von sehr niedrigem Absorptionsvermögen für die respiratorischen Gase angenommen worden. Eigentlich für mich war darüber kein Zweifel möglich, nachdem mir einige Vorversuche mit dem Olivenöl nach der Bunsen'schen Methode gezeigt hatten, dass die Absorptionsgrössen des Oels für Sauerstoff, Stickstoff und Kohlensäure innerhalb der Grenze der Beobachtungsfehler liegen. Aber insofern mir die genaue Bestimmung dieser Grössen fehlte, glaubte ich mit der Veröffentlichung dieser Abhandlung so lange warten zu müssen, bis mir die Zeit erlauben würde, diese Grundversuche recht genau anzustellen. Meine Abreise nach Russland und verschiedene Umstände, welche damit verknüpft sind, nöthigen mich, auf diese Hoffnung für unbestimmte Zeit zu verzichten. Des langen Wartens müde, entschliesse ich mich, demselben ein Ende zu machen, umsomehr, als durch den bezeichneten Mangel meine Versuche ihren Sinn nicht einbüssen: man braucht nämlich nur anzunehmen, dass die Absorptionsgrössen des Olivenöls für die respiratorischen Gase geringer sind, als die des Blutes und der Milch für dieselben — woran gewiss Niemand zweifeln wird — und die Veröffentlichung meiner Untersuchung in der vorliegenden Form ist gerechtfertigt.

I.

Bei der Beschreibung der neuen Methode, die Gase aus dem Blute zu gewinnen (J. Setschenow, Beitr. z. Pneumat. des Blutes; in dieser Zeitschrift, Bd. X. p. 101) ist bemerkt worden, dass sie an einem Mangel leidet, welcher darin besteht, dass bei der letzten Sammlung der gewonnenen Gase ein Theil dieser durch das in dem Apparate zurückbleibende Blut wieder absorbirt wird und dass dieser Fehler besonders fühlbar in der Menge der chemisch gebundenen Kohlensäure sich erweist. Es ist klar, dass dieser Uebelstand vollkommen beseitigt wäre, wenn wir eine Flüssigkeit besässen, deren Absorptionsvermögen für die Gase des Blutes Null wäre, welche ausserdem chemisch indifferent gegen das Blut sich verhielte, zugleich damit specifisch leichter als dieses und unmischbar mit demselben wäre. So eine Flüssigkeit dem Blute zugesetzt, würde immer darauf schwimmen und dasselbe von den Gasen trennen. In Ermangelung dieser ideellen Flüssigkeit kann zu dem Zwecke fettes Oel gebraucht werden. Seine Eigenschaften stimmen mit den aufgezählten ziemlich überein. Die Art und Weise, wie es gebraucht werden muss, zeigen die nächstfolgenden Versuche.

1. Versuch. Um die Benetzung der Wände von B und B_1 (a. a. O. Fig. 2) zu verhindern, verfuhr ich folgendermaassen: an den Querfortsatz D war ein doppeltes Rohr angebunden und das obere Stück desselben (der Apparat in horizontaler Lage gedacht) mit heissem Olivenöl gefüllt. Der vorher mit Quecksilber luftfrei gefüllte Apparat wurde nun aufrecht gestellt, das Vacuum bis unterhalb des Querfortsatzes D gebildet, das Oel in B_1 eingelassen und die Oelschicht durch das Oeffnen der Klemme b hinauf, dann auf gewöhnliche Weise bis unterhalb des Querfortsatzes C hinuntergetrieben. Auf diese Weise wurden die Wände von B und B_1, ehe das Blut zu kochen anfing, mit Oel benetzt. Die Oelbedeckung blieb in B_1 bis zu Ende des Versuches, die Wände des unteren Stückes aber verloren dieselbe, weil hier das Kochen des Blutes viel stärker ist und in Folge dessen eine innige Mischung dieser Flüssigkeit mit dem Oele (Emulsion) entsteht. Der letzte Umstand ist wahrscheinlich Schuld daran gewesen, dass die Ausscheidung des Sauerstoffes aus dem Blute keine vollständige war: nach Beendigung des Versuches, d. h. wenn keine Gase mehr ausgeschieden werden konnten, behielt nämlich das Blut noch einen Stich in's Rothe. Dasselbe ergiebt sich aus der Analyse der gewonnenen Gase.

Volumen d. art. Blut. eines Hundes = 65,78.

	Beob. Vol.	Temp.	Dr. in M.	Vol. bei 0° u. 1 M. Dr.
Aufgel. Gas. in I. Nass . . .	24,851	3 ° C.	0,7111	17,479
„ „ „ II. „ . . .	15,433	3 ° C.	0,6879	10,501
Nach Abs. d. CO_2 in I. . .	8,3365	3 ° C.	0,6158	5,077
„ „ „ „ „ II. . .	6,4551	3 ° C.	0,6344	4,050
End. B m. H. Nass	78,636	3 ° C.	0,3029	23,560
Gas aus I. u. II. in B ohne Verl.	91,616	3,2 ° C.	0,3610	32,690
Nach Explos.	52,872	1,4 ° C.	0,2286	12,024

Folglich	CO_2	O	N	
65,78 Th. Blut enthalten . .	18,853	6,888	2,239	oder
100 „ „ „ . .	28,66	10,47	3,40	

In diesem Versuche ist bei der Gasanalyse zu wenig Wasserstoff genommen worden, folglich ist die für Sauerstoff erhaltene Zahl zu gross. Sie ist nichtsdestoweniger sehr niedrig im Vergleich mit dem normalen Gehalt des arteriellen Blutes an Sauerstoff (15—16 %). Die Zahlen für CO_2 und N scheinen dagegen von den normalen nicht abzuweichen. Die Erörterung der interessanten Frage, weshalb die vollständige Ausscheidung des Sauerstoffes aus dem Blute beim Mischen desselben mit Oel unmöglich wird, behalte ich mir vor. Jetzt hat die Thatsache für uns nur folgende Bedeutung: so lange das Blut Sauerstoff enthält, darf kein Oel demselben zugemischt werden.

Im 2. Versuche wurde also das Oel in B_1 unmittelbar vor der letzten Sammlung der aufgelösten Gase eingeführt. Diese zu analysiren, wäre vollkommen überflüssig: die Dienste, welche hier das Oel geleistet hat, sind von selbst verständlich und die Gasanalyse würde diese Dienste nicht klarer machen. Anders in Betreff der chemisch gebundenen Kohlensäure — hier war es zu entscheiden, ob nicht die während des Kochens entstehende Emulsion auch der Ausscheidung dieses Gases hinderlich wäre. Der Versuch ergab, dass es nicht der Fall ist:

Blutmenge = 66,12.

	Beob. Vol.	Temp.	Dr.	Red. Vol.
Chemisch geb. CO_2 in I. Nass	8,3916	9,4 ° C.	0,6057	4,913

Es muss aber sogleich bemerkt werden, dass, obgleich das Kochen des Blutes für die Austreibung der chemisch gebundenen CO_2 nicht lange dauert, die Emulsion dieser Flüssigkeit mit Oel dennoch entsteht, folglich bleibt der letzte Blutrest in B bei letzter Gassammlung ohne Oelbedeckung. Deshalb thut man am besten, wenn man nicht die ganze Menge Oel auf einmal in B_1 einführt, sondern bei der letzten Sammlung

der aufgelösten Gase die eine Hälfte davon, bei der letzten Sammlung der chemisch gebundenen CO_2 die andere. Da der Querfortsatz D aber unter anderem zum Auffangen der Gasreste dient, so ist es rathsam, noch einen zweiten Querfortsatz an das Rohr B_1 anzubringen. Das obere Querstück (der Apparat in verticaler Lage gedacht) zum Füllen des Apparates mit Quecksilber, zum Einführen der Säure und zum Auffangen der Gasreste, das untere zum Einführen des Oeles. Nachdem auf diese Weise der einzige Mangel der Methode zum grössten Theile aufgehoben ist, erwähne ich noch eines Vortheiles, welcher daraus für die Methode erwächst. Es ist nämlich klar, dass beim fortbestehenden Mangel der Methode es kaum erlaubt war, die Blutmenge so klein als möglich zu nehmen: je geringer die Gasmenge, desto empfindlicher der Gasverlust. Nun ist es möglich, nur so viel Blut zu nehmen, dass es eine für die eudiometrische Analyse hinreichende Menge Gas giebt. Für arterielles Blut sind 30 CC. schon hinreichend, für venöses 50. Dadurch ist man in Stand gesetzt, auch dem Apparate kleinere Dimensionen zu geben.

Zum Schlusse führe ich einen Versuch mit venösem Blute (aus V. jugularis) an:

Blutmenge = 65,92.

	Beob. Vol.	Temp.	Dr.	Red. Vol.
Aufgel. Gase in I. Nass . .	27,974	5,4° C.	0,7288	19,992
„ „ „ II. „ . .	9,9262	5,4° C.	0,6611	6,435
Nach Abs. d. CO_2 beide in I, ohne Verl. vereinigt . . .	5,3545	5,6° C.	0,6144	3,223
Eud. A mit Wasserst. . . .	86,297	9° C.	0,3598	30,06
Mit Gas	90,321	8,8° C.	0,3788	33,145
Nach Explos.	77,347	8,6° C.	0,3384	25,375

Folglich	CO_2	O	N	
65,92 Th. Blut enthalten . .	23,204	2,705	0,518	oder
100 „ „ „ . .	35,21	4,10	0,78	

II.

Die Untersuchung des Gasgehaltes der flüssigen thierischen Secrete, welche im Organismus geraume Zeit ohne Berührung mit der atmosphärischen Luft verweilen, und die gleichzeitige Bestimmung des Absorptionsvermögens dieser Secrete für die Gase des Blutes kann für die Physiologie der parenchymatösen Respiration von hoher Bedeutung werden, insofern wir dadurch Winke für die Mischung der Gase im capillären Blute und somit für die Schicksale der in den Lungen absorbirten

atmosphärischen Luft innerhalb des arteriellen Systems gewinnen können. Dieses im Auge behaltend, beabsichtigte ich eine Reihe von Untersuchungen in bezeichneter Richtung mit den thierischen Secreten zu unternehmen. Diese Reihe ist mit der Bestimmung des Gasgehaltes der Milch eröffnet worden.

Zur Zeit, wo ich den Gegenstand zu bearbeiten anfing und die Methode der Aufsammlung der Milch ohne Berührung mit der Luft bereits gefunden war, existirten keine Bestimmungen des Gasgehaltes dieser Flüssigkeit, welche einen Anspruch auf Genauigkeit haben könnten. Erst im December des vorigen Jahres erschien in Virchow's Archiv eine Arbeit von Dr. Fel. Hoppe: „Untersuchungen über die Bestandtheile der Milch und ihre nächsten Zersetzungen," wo dieser Gegenstand berührt worden ist. Der Verfasser giebt aber selbst zu, dass seine Methode der Milchaufsammlung (S. 439) keine vollkommene ist, und deshalb kommt er zu keinem festen Schlusse in Bezug auf den Sauerstoff- und Stickstoffgehalt dieser Flüssigkeit. Der Versuch mit der Ziegenmilch ergab ihm folgende Werthe:

	CO_2	O	N
100 Th. Milch enthalten	1,88	0,16	1,38

Die chemisch gebundene Kohlensäure hat er nicht bestimmt.

Ich experimentirte mit Kuhmilch. Sie wurde unter eine 4—5 Centim. dicke Schicht Olivenöl (des besten, welches ich in Heidelberg finden konnte) gemolken, wobei die Zitze in das Oel eintauchte. Das vorher mit Quecksilber gefüllte Gefäss *F* (Beitr. zur Pneumat. d. Bl. Fig. 2) wurde nun mit dem an dessen Hals angebundenen Kautschukrohr in die Milchschicht umgeworfen und das Aufsteigen der Milch durch die am Kautschukrohre sitzende Klemme *d* regulirt. Alle übrige Operationen sind wie beim Auskochen der Gase aus dem Blute.

1. Versuch. Milchmenge = 67,50.

	Beob. Vol.	Temp.	Dr.	Red. Vol.
Aufgel. Gase in II. Nass . .	8,0377	13,9 ° C.	0,6448	4,932
Nach Zusatz d. Wasserst. . .	17,244	12,3 ° C.	0,6974	11,508
Nach Abs. d. CO_2	11,820	8,6 ° C.	0,6709	7,688

Bei der O-Bestimmung ist durch Unvorsichtigkeit eine Luftblase in das Absorptionsrohr eingedrungen.

Keine chemisch gebundene Kohlensäure.

Folglich	freie Kohlens.	O + N	chemisch geb. CO_2	
67,50 Th. Milch enth. . .	3,820	1,112	Null	oder
100 „ „ „ . .	5,65	1,64	Null	

In diesem Versuche wurde die Menge der Milch eben so gross wie die des Blutes in den oben angeführten Versuchen genommen. Und da der Versuch viel geringere Werthe für den Gasgehalt der Milch im Vergleich mit dem des Blutes ergab, so nahm ich zu nächstfolgenden Versuchen grössere Quantitäten Milch — der Recipient betrug über 300 CC. Inhalt. Dadurch wurde die Gasanalyse bequemer und genauer.

2. Versuch. Milchmenge — 297,5.

	Beob. Vol.	Temp.	Dr.	Red. Vol.
Aufgel. Gase in I. Nass . .	29,508	6 ⁰ C.	0,7564	21,84
„ „ „ II. „ . .	4,531	6 ⁰ C.	0,6472	2,869
Nach Abs. d. CO_2 beide in I. Ohne Verl.	7,624	4,9 ⁰ C.	0,6274	4,699
Eud. A mit H. Nass . . .	64,153	4,8 ⁰ C.	0,2938	18,522
Mit Gas aus I.	71,185	5 ⁰ C.	0,3256	22,761
Nach Zus. d. Knallg. entst. keine Expl.				
Mit Knallgas	75,821	3,3 ⁰ C.	0,3411	25,562
Nach Abs. d O. m. pyrogall. Kali	72,315	3 ⁰ C.	0,33812	24,185

Keine chemisch gebundene Kohlensäure.

Folglich	fr. CO_2	O	N	geb. CO_2	
297,5 Th. Milch enth.	20,01	0,492	4,207	Null	oder
100 „ „ „	6,72	0,16	1,41	Null	

3. Versuch. Milchmenge = 256,3.

	Beob. Vol.	Temp.	Dr.	Red. Vol.
Aufgel. Gase in II. Nass . .	23,804	1,4 ⁰ C.	0,7246	17,160
Nach Absorpt. d. CO_2 . . .	6,7787	0,1 ⁰ C.	0,6326	4,286
Nach Abs. d. O	5,5201	0,1 ⁰ C.	0,6250	3,448

Keine chemisch gebundene Kohlensäure.

Folglich	fr. CO_2	O	N	geb. CO_2	
256,3 Th. Milch enth.	12,874	0,838	3,448	Null	oder
100 „ „ „	5,01	0,32	1,34	Null	

Die Betrachtung der für Sauerstoff und Stickstoff erhaltenen kleinen Zahlen erweckt unwillkührlich den Gedanken, dass diese Gase ihr Dasein einer zufälligen Verunreinigung durch die atmosphärische Luft verdanken. In Betreff des Stickstoffes

ist dies aber entschieden nicht der Fall. Es giebt nämlich nur drei Verunreinigungsmöglichkeiten in der Methode: es könnte beim Füllen des Apparates mit Quecksilber ein Luftbläschen darin geblieben sein, oder während des Kochens von aussen in denselben eindringen, oder endlich enthielt das als Bedeckung angewandte Oel atmosphärische Luft in Auflösung und ein Theil dieser hat in die darunter liegende Milch überdiffundirt. In den zwei ersten Fällen würde die Verunreinigung aus atmosphärischer Luft bestehen, folglich müsste die Gasanalyse eine Stickstoffmenge ergeben, welche der Zusammensetzung dieser Mischung entspräche — in den zwei letzten Versuchen aber ist das Verhältniss der Stickstoffmenge zu der des Sauerstoffes viel grösser als in der atmosphärischen Luft. Was die dritte Möglichkeit betrifft, so ist sie eben so wenig haltbar, wie die zwei ersten: man würde nämlich in diesem Falle zu der Annahme genöthigt sein, dass die Auflösungscoëfficienten des Stickstoffes in der Milchflüssigkeit grösser sind, als die des Sauerstoffes — eine Annahme, welche absurd ist, insofern die Milchflüssigkeit eine wässerige Lösung ist. Das Vorhandensein des Stickstoffes in der Milch erscheint übrigens als eine logische Nothwendigkeit, wenn man bedenkt, dass in der Drüse die Flüssigkeit des Blutes und die der Milch nur durch die dünnen Wände der Capillaren von einander getrennt sind und dass die erste Stickstoff in Auflösung enthält. Man kann dennoch nicht behaupten, dass die für Stickstoff erhaltene Zahl den wahren Gehalt der Milch an diesem Gase ausdrückt, weil in Betreff des wirklichen Aufgelöstseins des Sauerstoffes in dieser Flüssigkeit kein augenscheinlicher Beweis gegeben werden kann. Es sollte dazu fürerst bewiesen werden, dass ein Theil des Sauerstoffes im arteriellen Blute in wirklicher Auflösung sich befindet, oder dass die Verbindung des Sauerstoffes mit den Blutkörperchen im Verlaufe des Blutes durch die Arterien gelockert wird. Mir scheint das Vorhandensein des Sauerstoffes in der Milch aus folgenden Gründen unzweifelhaft zu sein:

1) die Absorptionsgrösse des Olivenöls für Sauerstoff ist meiner Ueberzeugung nach gleich oder beinahe gleich Null, folglich konnte vom Oel aus keine Verunreinigung entstehen;

2) die Spuren von Luft, welche beim Füllen des Apparates mit Quecksilber in demselben bleiben, können die für Sauerstoff erhaltenen Werthe nicht erklären;

3) der Apparat schloss so vollkommen, dass ich beim Sammeln der chemisch gebundenen Kohlensäure in dem Gasrecipienten niemals mehr als ein erbsengrosses Gasbläschen

bekam, dessen Temperatur wenigstens 30° C. betrug und welches unter dem Drucke höchstens $^1/_4$ Atmosphäre sich befand. Man muss dabei nicht vergessen, dass dieses Bläschen eher als Rest der vorher nicht vollständig gesammelten Gase als die von aussen eingedrungene Luft zu betrachten ist.

Gesetzt, die für Sauerstoff und Stickstoff erhaltenen Zahlen drückten den wahren Gehalt der Milch an diesen Gasen aus, gesetzt, die Flüssigkeiten des Blutes und der Milch hätten beinahe gleiche Absorptionscoëfficienten für diese Gase, dann würden unsere Zahlen als Ausdruck der Spannung des in dem Capillarblute wirklich aufgelösten Stickstoffes und Sauerstoffes dienen können. Für Kohlensäure ist dieses nicht der Fall, weil die Milchflüssigkeit phosphorsaure Alkalien enthält, welche die Kohlensäure chemisch binden.

Das letzte durch die Untersuchung gelieferte Factum, nämlich die Abwesenheit der chemisch gebundenen Kohlensäure in der Milch, hat folgende nicht uninteressante physiologische Bedeutung: bei den Pflanzenfressern, deren Blut bekanntlich immer kohlensaure Alkalien enthält, gehen diese Salze in die Milch nicht über.

Schliesslich erlaube ich mir meinen wärmsten Dank Herrn Professor Helmholtz für seine gütige Erlaubniss, in seinem Laboratorium zu arbeiten, auszusprechen.

Zur Anatomie der Steissdrüse

von

W. Krause.

An der Spitze des Steissbeins hat Luschka*) eine kleine Drüse entdeckt, die er anfangs für eine Lymphdrüse gehalten und später für eine Blutgefässdrüse und ein dem grösseren Lappen des Gehirnanhanges verwandtes Gebilde erklärt hat. Namentlich stützt sich Luschka auf die Lage beider Organe, die, an dem oberen und unteren Ende der Chorda dorsalis angebracht, die Grenzstränge des Sympathicus oben und unten mit einander in Verbindung setzen. Letzteres für den Hirnanhang lange bekannte Verhalten, das ich erwähne, weil Luschka**) sich so äussert, als ob es jetzt erst von Neuem entdeckt werden müsste, ist von Demselben auch für das untere Ende des Sympathicus genauer nachgewiesen, indem Luschka neben einem Endast der A. sacralis media ein kleines Nervenstämmchen bis in die Steissdrüse verfolgte, das entweder von dem unpaaren Ganglion coccygeum oder bei dem Fehlen desselben aus der schlingenförmigen Verbindung der unteren Enden des Sympathicus abstammte. Ueber die Endigung der in die Steissdrüse eintretenden Nerven giebt Luschka Folgendes an, was für mich die nächste Veranlassung wurde, das neuentdeckte Organ zu untersuchen.

„Die Nerven der Steissdrüse bilden reichliche, das interstitielle und das umhüllende Zellgewebe derselben durchsetzende Geflechte. Besonders merkwürdig ist die Endigung einzelner Nervenröhrchen in rundlichen, verhältnissmässig grossen Knöpfen.

*) Sitzungsber. d. math. naturw. Classe der k. k. Akad. d. Wiss. zu Wien 1859. Bd. XXXV. p. 113. Archiv für pathol. Anat. 1859. Bd. XVIII. p. 106. Taf. VI und VII.

**) Arch. f. path. Anat. a. a. O. p. 114.

Diese Nervenknöpfe stellen eine Art von Endkolben dar. Sie haben eine Breite von 0,08 Mm. und besitzen eine membranöse, verhältnissmässig dicke, zartfasrige, an oblongen Kernen reiche Hülle, welche das kolbige Ende des Nervenröhrchens nicht unmittelbar umgibt, sondern durch zahlreiche kleine rundliche Kerne von ihm geschieden wird. Diese Nervenendigungen — — erinnern an eine von Kölliker*) an einem anderen Orte gemachte Wahrnehmung. Nach diesem Beobachter trifft man nämlich am lezten Sacralnerven und am Nervus coccygeus fast bei jedem Individuum einzelne ganz isolirt neben den Ganglien dieser Nerven oder in der Nähe derselben befindliche gestielte Ganglienkugeln, jede in ihrer besonderen aber hier homogen aussehenden Scheide."

Kölliker spricht hier von Ganglienzellen, welche innerhalb der dura mater und neben dem Verlauf von Nervenstämmen gelegen sind, folglich mit solchen, die sich am Ende von isolirten Nervenfibrillen in einem drüsigen Organ befinden, gar nichts zu schaffen haben. In der das betreffende Verhältniss darstellenden Abbildung von Luschka**) sieht nun zwar die feinkörnige Masse bei *b* ganz so aus, als ob sie gern eine Ganglienzelle sein möchte, es hat sich aber Luschka aus begreiflichen Gründen wohl gehütet, das Vorkommen von Ganglienzellen in der Steissdrüse bestimmt zu behaupten; vielmehr soll die Nervenfaser zufolge der Tafelerklärung im Inneren einer „Art von Kölbchen frei endigen", während die Erläuterung jenes interessanten Buchstaben *b* bedauerlicher Weise ganz ausgefallen ist.

Bei der eigenthümlichen Lage der Steissdrüse ist ihre Auffindung nicht schwierig. Ich habe dieselbe bisher bei 24 Individuen von jedem Alter und Geschlecht constant angetroffen und kann Luschka's Angaben über ihre Lage, sowie über ihren Zusammenhang mit Nerven und Arterien, neben denen ich auch kleine Venen beobachtet habe, durchaus bestätigen. Auffallend ist die bedeutende Resistenz des Gebildes, die so verschieden ist von der der Lymphdrüsen, dass es unbegreiflich bleibt, auch abgesehen von aller mikroskopischen Untersuchung, wie Luschka dasselbe anfangs für eine Lymphdrüse halten konnte. Die Drüse zeigt sich nach Entfernung des Fettgewebes entweder als solide, länglich-runde Masse mit glatter, nur etwas hügliger Oberfläche, oder sie besteht aus mehreren getrennten Knötchen von etwa 0,5‴ Durchmesser, deren jedes von

*) Mikrosk. Anat. Bd. II. 1. p. 507.
**) a. a. O. Taf. VII. Fg. 7.

einem kleinen Endzweig der A. sacralis media versorgt wird, oder sie zerfällt, wie ich dieser Beschreibung von Luschka hinzufüge, in einen grösseren und kleineren Lappen, die dicht an einander liegen und nur durch lockeres Bindegewebe zusammengehalten werden. In den zwei Fällen dieser Art, die ich beobachtete, war der nach rechts vorn gelegene Lappen der grössere. Ohne Ausnahme aber ist die Steissdrüse in eine grössere Anzahl von durch Bindegewebe lockerer oder fester unter einander verbundenen Körnchen künstlich zu zerlegen.

Den feineren Bau dieser Drüsenkörnchen anlangend, so schildert Luschka dieselben als aus rundlichen Blasen, einfachen und verästigten Schläuchen bestehend, die in ein Stroma eingeschlossen sind, dessen Grundmasse von dichtem, fein gestreiften oder fibrillären Bindegewebe erzeugt wird. Durch Essigsäure werden in demselben zahllose, oblonge, dunkelcontourirte Kerne zum Vorschein gebracht, welche überall einen den Faserzügen der Bindegewebsbündel parallelen Verlauf haben. Die Hohlgebilde haben wenigstens beim Neugeborenen eine selbstständige, aus einer structurlosen Grundmembran bestehende Wandung; an diese schliesst sich nach aussen jene mit oblongen Kernen reich versehene Bindegewebsschicht an. Im Innern enthalten die Hohlgebilde rundliche und polygonale, kernhaltige Zellen, die zu einer Art von Epithelium ausgebreitet sind, beim Neugeborenen auch Flimmerzellen, beim Erwachsenen zahlreiche, dichtgedrängte Zellenkerne und grössere Zellen.

Diesen Angaben Luschka's habe ich in Bezug auf den Inhalt der Hohlgebilde noch beizufügen, dass im centralen Theil derselben meistens eine feingranulirte, durch Essigsäure dunkler werdende Masse sichtbar ist, die durch den Zerfall der Zellen entstanden sein mag. Eben so wenig wie Luschka fand ich (an Chromsäure-Präparaten) im Innern jenes cavernöse Bindegewebe, welches neben Blutgefässnetzen den characteristischen Bestandtheil der Lymphfollikel ausmacht.

Die Zusammensetzung der Drüse aus den erwähnten Schläuchen ist leicht zu sehen. Nur ist zu erinnern, dass dieselben auf dem optischen Querschnitt als runde Blasen erscheinen und die Zahl der letzteren weit geringer ist, als man nach Luschka's Beschreibung und dem oberflächlichen Ansehen mikroskopischer Durchschnitte (s. a. a. O. Taf. VII. Fg. 2) erwarten sollte. Einzelne rundliche Blasen lassen sich isoliren, aber auch dann sind sie nicht ringsum abgeschlossen, sondern hängen an einem dünneren, hauptsächlich aus Bindegewebe bestehenden, Blutgefässe führenden Stiel. Die Gefässe dieser

Stiele laufen nicht selten neben der Wand der Blasen vorbei und auf solche Anschauungen ist wohl mit Rücksicht auf die Abbildung Taf. VII. Fg. 6. Luschka's Angabe zu beziehen, dass einzelne Drüsenblasen seitlich an kleine Gefässe, etwa in der Weise der Milzbläschen angeheftet sein sollen. Ich hebe hervor, dass ich, wie Luschka, eine directe Fortsetzung des Stieles, in dem ein arterielles Gefäss verlief, in die Hülle der Blase beobachtete, im Gegensatz aber zu Luschka niemals die letzteren als völlig in sich abgeschlossen erkennen konnte.

Bei der ersten Betrachtung des Stroma, in dem die beschriebenen Hohlgebilde eingeschlossen liegen, ist es auffallend, dass in der Nachbarschaft der letzteren durch kein Reagens irgendwelche elastische Fasern sichtbar zu machen sind, die auch Luschka nirgends erwähnt. Allerdings kommen dickere und feinere, elastische Fasern in dem Bindegewebe zwischen den einzelnen Drüsenkörnern und stellenweise auch in dünnen, membranartigen Fortsetzungen desselben zwischen die Hohlgebilde vor, nicht aber in dem festeren Fasergewebe, das sich zunächst an die Begrenzung des Inhalts der Schläuche nach aussen anschliesst und in welchem nach Essigsäure-Zusatz die erwähnten, zahlreichen, oblongen, stäbchenförmigen oder leicht gebogenen, glänzenden Kerne, ohne Kernkörperchen, sichtbar werden. Im Fall es gestattet ist, die Contractionsfähigkeit eines Gewebes aus dessen mikroskopischen und mikrochemischen Eigenschaften zu erschliessen, während ein physiologischer Nachweis zur Zeit nicht gegeben werden kann, so ist diese von Luschka für Bindegewebe erklärte Schicht für eine aus glatten Muskelfaserzellen bestehende zu halten, die in verschiedener Mächtigkeit jedem Hohlgebilde der Drüse zukommt und wesentlich aus parallel und schräg zur Längsaxe der Schläuche verlaufenden, mit einem oblongen Kern versehenen Faserzellen besteht. Es ist am sichersten, durch Maceration der ganzen Steissdrüse in Salpetersäure von 20% sich von der Isolirbarkeit derselben zu überzeugen; ausserdem habe ich Einlegen der Drüse in wässrigen Holzessig von 5—10% oder in die sog. starke und schwache Essigsäure-Mischung von Moleschott*), Kochen und verdünnte Alkalien angewendet.

Ueber die Beschaffenheit der Nerven der Steissdrüsse, ob sie aus doppeltcontourirten Fasern bestehen oder nicht, hat Luschka nirgends eine Angabe gemacht und auch die oben erwähnte Abbildung einer frei endigenden Nervenfaser lässt

*) Moleschott's Untersuchungen. Bd. IV. p. 99 und Bd. V. p. 383.

diese Ungewissheit fortdauern. Nun ist es nicht schwierig mit Hülfe verdünnter Essigsäure am frischen Objecte, sowie an Steissdrüsen, die einige Tage in gewöhnlichem Essig gelegen haben, nachzuweisen, dass die in die Drüse und in die Drüsenkörner eintretenden, im Bindegewebe verlaufenden Nervenstämmchen aus zahlreichen, blassen, kernführenden Fasern, sowie aus 6—12 feinen, doppeltcontourirten Nervenfibrillen bestehen; die letzteren sind durch Natron sichtbar zu machen. Es ist von vorn herein klar, dass die Nerven in einem grosse Muskelmassen enthaltenden Organ wahrscheinlich motorische sein werden und in der That lässt die feinere Vertheilung der Nervenästchen an die musculösen Hüllen der Schläuche darüber kaum einen Zweifel zu, obgleich isolirt verlaufende, blasse Fasern in diesem dichten Gewebe nicht verfolgt werden können. Was jedoch den Verlauf der doppeltcontourirten Fibrillen betrifft, so habe ich dieselben zwar zuweilen isolirt mit Hülfe von Natron wahrnehmen können, bin aber über die Endigung derselben nur zu dem Resultate gelangt, dass dasselbe keinenfalls im Inneren von Blasen, Schläuchen oder Endkolben gelegen ist, und es gestattet eine mit Hülfe von Essigsäure gemachte Beobachtung, wie sie Luschka in der betreffenden Abbildung mitgetheilt hat, meiner Ansicht nach über diesen Punkt keine sichere Entscheidung. Vielmehr halte ich ein solches Kölbchen, das ich nicht selten gesehen habe, nur für eine der gestielten Blasen, in deren Stiel auch Nervenfasern verlaufen können. Eben so wenig habe ich bisher an irgend einer Stelle der Steissdrüse Ganglienzellen beobachtet.

Der mehrfach gewundene und verästelte Verlauf der hohlen Schläuche ist am besten an etwas dicken, mit Natron durchsichtig gemachten Präparaten zu verfolgen. Das Aussehen derselben hat dann eine entfernte Aehnlichkeit mit Schweissdrüsenknäueln*). Die Auffindung musculöser Hüllen lässt mit Bestimmtheit einen weiteren Zusammenhang der einzelnen, verästelten Schläuche unter einander vermuthen, da man doch zunächst eine durch Muskelkräfte bedingte Austreibung des Inhalts der Schläuche und gestielten Blasen voraussetzen muss. Einen Ausführungsgang vermochte ich aber bislang nicht aufzufinden.

In pathologischer Beziehung ist es vielleicht bemerkenswerth, dass ich in der Leiche einer an Pyämie verstorbenen Frau neben rasch entstandenem, ausgedehnten Decubitus der Kreuzbeingegend die Steissdrüse in allen ihren Durchmessern um das Doppelte vergrössert, von dunkel blauschwarzer Farbe

*) Luschka, Sitzungsber. etc. a. a. O. p 114.

angetroffen habe, welche Veränderungen durch capillare Hämorrhagieen zu Stande gekommen waren.

Die Untersuchungsmethoden sind im Vorhergehenden bereits erwähnt; wegen der Präparation der Drüse selbst ist auf Luschka's Mittheilungen zu verweisen. Empfehlenswerth ist es noch, die Steissdrüse auf einer Glasplatte zu trocknen und dann feine Durchschnitte in destillirtem Wasser aufzuweichen und mit verdünnter Essigsäure zu behandeln. Die Blutgefässe sind an manchen natürlich injicirten Drüsen und mit Hülfe von Glycerin gut zu verfolgen.

Es entsteht die Frage, ob irgendwelche Analoga der Steissdrüse bekannt sind. Mit Recht hat Luschka bemerkt, dass die Hohlgebilde der Drüse öfters sehr an die von Rokitansky*) in der Schilddrüse beobachteten, pathologischen Schläuche und Endkolben erinnern. Die normale Schilddrüse bietet indessen nichts Aehnliches dar. Ich habe ausser der Glandula pinealis den vorderen und hinteren Lappen der Hypophysis cerebri mit Rücksicht darauf untersucht, ob die von Virchow**) in dem letzteren beschriebenen, langen, spindelförmigen Zellen mit stäbchenförmigen Kernen etwa auch glatte Muskelfaserzellen wären. Dem ist aber nicht so; es ist nicht schwierig, am frischen Hirnanhang des Menschen und bei vorsichtiger Präparation die Virchow'schen Angaben mit Hülfe der a. a. O. empfohlenen, zweckmässigen Untersuchungsmethode zu bestätigen, auch deutliche, variköse Nervenfibrillen in dem hinteren Lappen nachzuweisen; es sind indessen die keulenförmigen, weichen, von einem aus den erwähnten Zellen bestehenden Fasergerüst, das an Chromsäure-Präparaten ebenfalls deutlich sichtbar ist, umgebenen Endkolben ganz anderer Natur, als die Schläuche der Steissdrüse. Ebenso hat die letztere nichts den mit gelbbräunlichen Körnchen gefüllten, Ganglienzellen-ähnlichen, im Inneren der ersteren enthaltenen Gebilden Entsprechendes aufzuweisen. Die Blasen des vorderen Lappens enthalten so wenig, als die der Schilddrüse ein sog. cavernöses Fasernetz, wie es den Lymphfollikeln zukommt, womit ich Billroth's***) Angaben bestätigt haben will.

In der Thierreihe scheinen noch keine Analoga der Steissdrüse beobachtet worden zu sein. Auch das von Rapp†) beschriebene, am Schwanzende des Edelhirsches zwischen der Haut und den Sehnen und Muskeln der Schwanzwirbelsäule

*) Lehrb. d. pathol. Anat. Bd. III. 1859. p. 105 und ff.
**) Unters. über d. Entwicklung des Schädelgrundes. Berlin 1857. p. 94.
***) Beiträge zur pathol. Histologie. 1858. p. 129.
†) Müller's Archiv 1839. p. 363.

gelegene, drüsenartige Organ zeigt in seinem Bau nichts der Steissdrüse Aehnliches, sondern stellt vielmehr eine Anhäufung von modificirten Schweissdrüsen dar, worüber ich mir genauere Mittheilungen vorbehalte*).

Die Bedeutung der Steissdrüse ist völlig in Dunkel gehüllt. Wollte man sie mit Luschka der Gruppe der Blutgefässdrüsen zurechnen, was ungefähr eben so viel sagen will, als wenn man irgend einen Körper unter der Bezeichnung eines Extractivstoffes untergebracht hätte, so würde diese Drüse dennoch ein Organ sui generis bleiben, das weder mit dem Hirnanhang, noch mit der Schilddrüse oder den Nebennieren bis jetzt andere, als blos äusserliche Analogieen besitzt. Das Interesse an dem räthselhaften Gebilde wird aber, wie es scheint, dadurch nicht vermindert.

*) S. Anatomische Untersuchungen von W. Krause. 8. Mit zwei Tafeln. Hannover bei Hahn. 1861. Abschnitt V.

Gedruckt bei E. Polz in Leipzig.

Ueber den Bau der Retina des Frosches.

Von

Dr. **Wilhelm Manz** in Freiburg.

(Hierzu Tafel VIII.)

Durch die glückliche Entdeckung des radiären Fasersystems der Retina schien mit einem Male die histologische Bedeutung der einzelnen Elemente dieser bis dahin so räthselhaften Membran zur Evidenz nachgewiesen zu sein und dadurch die Möglichkeit gegeben, von hier aus mit Einem Schritt mitten in die richtige Auffassung ihres physiologischen Zusammenhanges hineinzugelangen. Die früher so unerklärliche Stäbchenschicht, vor der die Histologie und Physiologie rathlos stehen blieben und mit meistens schlecht begründeten Hypothesen sich abmühten, erhielt durch den anatomischen Nachweis ihrer Verbindung mit den übrigen Schichten der Retina dieser gegenüber eine ganz bestimmte histologische Stellung, von der die Physiologie alsbald den umfassendsten Gebrauch machte, und durch welche zu einer Theorie des Sehens, wie es schien, der wahre und sichere Grund gelegt wurde. Jeder, der nur die Netzhaut mit dem Mikroskop untersuchte, fand mit gröster Leichtigkeit die Müller'schen Fasern, und beruhigte sich, wenn es ihm auch selbst nicht gelingen wollte, ihre beiden Endpunkte darzustellen, bei den desfallsigen Angaben der bewährtesten Histologen. Stäbchen mit daranhängendem mehr oder minder langen Faden, Zellen aus der Ganglienschicht, mit einem oder mehreren Fortsätzen hat seither wohl kein Untersucher der Säugethierretina vermisst; der Uebergang der letzteren in Opticusfasern blieb schon ein seltenerer Fund. — Direkt einen Stäbchenfaden durch alle Schichten hindurch bis in eine Ganglienzelle zu verfolgen, ist bis jetzt wohl Keinem vergönnt gewesen.

Man hielt von nun an an der Ansicht fest, dass die Stäbchen und Zapfen die eigentlichen Endigungen der Sehnerven seien, wie dies zuerst von H. Müller und Kölliker ausgesprochen wurde, und liess sich darin nicht wankend machen, als Blessig das Vorkommen von Nervenzellen und Nervenfasern in der Retina gänzlich in Abrede stellte und alle ihre Schichten mit Ausnahme der eigentlichen Opticusschicht für Bindegewebe erklärte. Eine Schwierigkeit für die Müller'sche Auffassung lag allerdings immer in der evidenten Endigung der radiären Fasern in der Limitans; die doppelte Endigung einer und derselben Faser in einer Nervenzelle und einer indifferenten Membran war eben doch histologisch und physiologisch schwer zu rechtfertigen, und man entschloss sich lieber, zwei Arten von radiären Fasern anzunehmen, die, wenn auch durch ihr Aussehen vorderhand nicht unterscheidbar, doch durch ihre Verbindungen einen ganz verschiedenen Werth verrathend, streng getrennt werden sollten.

Während man sich nach einem betreffenden Criterium umsah, wurde Blessig's Ansicht, welche durch Bidder's Beobachtungen, sowie durch die seiner Schüler gewichtige Belege erhielt, eine grössere Aufmerksamkeit zu Theil, und sie gewann namentlich durch die neuen Untersuchungen über die Retina, welche Schultze veröffentlichte, wenigstens für einige ihrer Sätze die volle Bestätigung. Wenn man auch an der Existenz von wirklichen Nervenzellen in der Netzhaut noch allerwärts festhält, so wird doch für ihren Zusammenhang mit den Elementen der übrigen, namentlich der äusseren Retinaschichten eine erneute Untersuchung gefordert, da jetzt die eigentlichen Müller'schen Fasern nicht mehr als Vermittler jenes Zusammenhanges angesehen werden dürfen.

Weniger zur Entscheidung dieser Frage, als um über die ganze Architektonik der Retina eine möglichst klare Anschauung zu erlangen, habe ich im hiesigen physiologischen Institut die mikroskopische Untersuchung unternommen, deren Object ausschliesslich die Retina des Frosches bildete, und deren Resultate ich im Folgenden mittheilen werde. Die Netzhaut dieses Thieres wählte ich einmal als ein sehr leicht im frischen Zustand zu beschaffendes Material, dann weil die bedeutenden Dimensionen ihrer einzelnen Elemente die mikroskopische Beobachtung und deren Deutung sehr zu erleichtern versprachen. In wie weit ich mich in letzterer Hinsicht täuschte, wird aus dem Nachfolgenden ersichtlich werden.

Die Froschretina ist schon mehrfach untersucht — H. Müller*) hat schon früher, und M. Schultze**) neuerdings eine Abbildung davon gegeben, welche ich anfangs meiner Untersuchung zu Grunde legte. Unterdessen veröffentlichte C. Ritter***) seine interessante Beobachtung über die Structur der Stäbchen, die ich alsbald bestätigt fand.

Die Verbindung der Retina mit der Chorioidea zeigt beim Frosch manche Besonderheiten, von welchen namentlich auf senkrechten Durchschnitten Eine sogleich auffällt und schon früher durch Hannover ausführlich beschrieben wurde. Es sind dies die schwarz pigmentirten Fortsätze, welche die innerste (Pigment-) Schicht der Chorioidea zwischen die Stäbchen hineinschickt. Es stellen diese Fortsätze schwarze Zapfen dar, welche in fast ganz gleichen Abständen nach innen in die Retina hineinragen. Ihre Länge ist eine verschiedene, und nimmt von hinten nach vorn gegen die Ora serrata hin ab; die meisten sind einfach, manche jedoch getheilt. Auch die Intensität ihrer Färbung ist eine verschiedene, und richtet sich, wie es scheint, nach der der äusseren Haut. Das Pigment liegt frei auf diesen Fortsätzen, niemals fand ich es in Zellen eingeschlossen; häufig schienen mir jene eine fasrige Struktur zu haben, indem ich von ihrem inneren Ende feine helle Fäden abgehen sah, doch überzeugte ich mich bald, dass diese letzteren Stäbchen angehören, welche eben in dem Pigment verborgen liegen. Ich fand also Müller's Ansicht, die derselbe Hannover gegenüber aufstellte, (im Wesentlichen) bestätigt, indem auch ich nichts von eigentlichen, membranigen Pigmentscheiden finden konnte.

Stäbchenschicht.

Die Stäbchen sind in der Froschretina bekanntlich um vieles grösser, als bei Fischen, Vögeln und Säugethieren, aber wie bei diesen ohne Andeutung einer besonderen innern Struktur, im frischen Zustand, scheinbar solide Körper. Die vier Seiten des sehr langen Rechtecks sind durch scharfe gerade Linien bezeichnet, von welchen nur die innere manch-

*) Zeitschr. für wissenschaftliche Zoologie. Bd. VIII. Taf. I. Fig. 2.
**) Observationes de retinae structura penitiori. Bonn 1859.
***) Ueber den Bau der Stäbchen und äusseren Endigungen der Radialfasern an der Netzhaut des Frosches. Arch. für Ophthalmologie. Bd. V. Abthl. 2.

mal eine unbedeutende Krümmung nach innen zeigt (Fig. 4.). Innerhalb der Stäbchen ist weder durch eine besondere Färbung, noch durch irgend welchen Contur das Geringste von der später zu beschreibenden, merkwürdigen histologischen Differenzirung zu bemerken. Schon in der frischen Retina bemerkt man, dass die inneren Enden der Stäbchen in einer wenn auch lockeren Verbindung untereinander stehen, ohne dass man jedoch ein besonderes Bindemittel wahrnehmen könnte. Diese ursprüngliche Form behalten jedoch die Stäbchen nur kurze Zeit bei, es beginnt alsdann ein rasch fortlaufendes Spiel von eigenthümlichen Veränderungen, von denen einige durch Hannover beschrieben sind, deren Verständniss jedoch erst durch Ritter's Entdeckung möglich geworden ist. Diese Veränderungen, auf welche ich mein Hauptaugenmerk gerichtet habe, erweisen die scheinbar homogenen, soliden Stäbchen als hohle Blasen mit sehr differentem Inhalt. Ich habe in der Abbildung (Fig. 4—12) die Stufenreihe der Stäbchenmetamorphosen, wie sie durch allmählige Einwirkung von Säuren, namentlich Chromsäure eintreten, darzustellen versucht; es ergiebt sich daraus eine ziemlich genaue Uebereinstimmung meiner Befunde mit den Ritter'schen Zeichnungen. Die einzelnen dieser Gestaltsveränderungen sind wohl fast Allen, welche die Retina untersuchten, vorgekommen, aber gewissermassen als Kunst- oder Zerstörungsproducte nicht weiter gewürdigt, namentlich aber nicht in ihrem Zusammenhang aufgefasst worden. Ein solcher Zusammenhang besteht aber, und es sind jene Veränderungen die Phasen einer durch die innere Structur der Stäbchen begründeten Metamorphose, die allerdings durch äussere Einwirkungen eingeleitet wird.

Setzt man der Retina eine sehr verdünnte Säure, oder auch nur Wasser zu, so sieht man alsbald am äusseren Ende der frei umherschwimmenden Stäbchen einen Tropfen sich hervorwölben (Fig. 5.), der sich allmählig vergrössert, und dessen Lichtbrechung von der des Stäbchens durchaus nicht verschieden ist. Die genaue Beobachtung ergiebt aufs Deutlichste, dass dieser Tropfen aus dem Stäbchen selbst austritt, und nicht etwa von den Pigmentfortsätzen, wie Müller vermuthet, oder aus den Pigmentscheiden herkömmt, wie Hannover angiebt, der sie als Oeltropfen beschreibt, denen sie durchaus nicht gleichsehen. Dieser Tropfen löst sich, nachdem er eine gewisse Grösse erreicht hat, vom Stäbchen ab, und erleidet dann, freigeworden, dieselben Veränderungen, welche bei intensiverer Einwirkung der Säure zum Theil an,

zum Theil in dem Stäbchen vor sich gehen. In einem solchen Falle, wie nach 24stündiger Einwirkung verdünnter, oder rascher in concentrirterer Chromsäurelösung sieht man das Stäbchen körnig werden, wobei sich diese granulirte Substanz in Querstreifen lagert, die sich allmählig von einander trennen und dem Stäbchen das Aussehen geben, als ob dasselbe von einer Seite her Querrisse erhalten hätte, und im Begriffe stehe, sich abzublättern (Fig. 6.). Dazu kommt es jedoch nicht — die scheinbaren Risse erreichen die gegenüberliegende Seite nicht, sondern das Stäbchen verwandelt sich sehr rasch durch eine Krümmung dieser letztern, in eine rundliche Scheibe, in welcher die scheinbaren Risse als unregelmässig gestellte Radien erscheinen. An dieser Scheibe hängt manchmal ein Faden, dessen Bedeutung jedoch erst durch andere Bilder klar wird, wie man sie in Präparaten erhält, welche 1—3 Tage in einer sehr verdünnten Chromsäure gelegen hatten. (Ich fand die von M. Schultze angegebene Lösung: $^1/_6$ Gran acid. chrom. auf unc. j als die passendste.) Darunter finden sich dann Formen, die der Ritter'schen Entdeckung zu Grunde liegen, und von denen einige in Fig. 8—12 gezeichnet sind. Nach 24 Stunden schon findet man die Stäbchen in Blasen von verschiedener Grösse und Form, die sehr häufig eine flaschenartige ist, umgewandelt, von einer deutlichen, sehr feinen Membran begrenzt, mit einem feinkörnigen Inhalt, der aber hier nicht in einzelnen querstehenden Abtheilungen, sondern durch die ganze Blase unregelmässig vertheilt erscheint. Die Blase hat immer einen mehr oder weniger langen Stiel, gegen den sich der körnige Inhalt mit einer krummen Linie abgrenzt, ohne dass man jedoch immer zu erkennen im Stande wäre, wodurch diese Abgrenzung verursacht ist. Dies wird in anderen Objekten klar, wo die durch jenen Contur entstehende Vacuole nicht leer, sondern von einem rundlichen Korn ganz oder theilweise erfüllt ist. Dieses Korn ist meistens selbst wieder fein granulirt, und hat einen centralen, punktförmigen scharfen Kern, und einen feinen Faden als Ausläufer, der aber ganz ausserhalb der Blase liegt. Auf die wechselnde Lage des Korns ausser- oder innerhalb der Blase will ich hier nicht weiter eingehen, indem ich auf Ritter's ausführliche Darstellung verweise; auch ich überzeugte mich alsbald von der wichtigen Thatsache, dass diese Blasen nach innen, d. h. da, wo gewöhnlich das Korn liegt, offen sind. Bei etwas längerer Einwirkung der Chromsäure sind dieselben seltener zu sehen: es scheint als ob sich hier der Grund vom Halse getrennt

hätte und zwar weist der gezackte Rand des letzteren auf ein wirkliches Abreissen hin; er ist dabei manchmal noch von zwei parallelen Linien begrenzt, wodurch die Form des frischen Stäbchens noch einigermassen erhalten ist. In seinem inneren Ende liegt das obenerwähnte Korn mit dem anhängenden, meistens ganz kurzen Faden. Ein viel längerer und etwas stärkerer ragt aber am äusseren, entgegengesetzten Ende des Cylinders heraus, der, wenn dessen granulirter Inhalt nicht zu reichlich ist, ebenfalls als vom Korn ausgehend erkannt wird. Sein freies, äusseres Ende trägt gewöhnlich ein starklichtbrechendes, bläuliches Knöpfchen: es ist dieser Faden der von Ritter entdeckte, den man auch bei der oben beschriebenen Metamorphose, in welcher das Stäbchen zu einer Blase wird, innerhalb dieser liegen sieht, und der etwas weniger als die Länge eines frischen Stäbchens hat. Er macht ganz den Eindruck eines präformirten Gebildes, durchaus nicht den eines Gerinnungsproduktes, oder eines Membranfetzens, und erinnert augenblicklich an einen Axencylinder. Auch dem Entdecker*) drängte sich diese Aehnlichkeit auf, während zwischen dem von H. Müller**) und Lehmann***) in den Stäbchen gesehenen krümeligen Streifen und dem Ritter'schen Faden eine solche kaum gefunden werden kann. Dagegen ist es sehr wahrscheinlich, dass Hannover†) letztere gesehen, sich also nicht, wie Müller, vermuthet, eine Verwechslung mit den von diesem gefundenen nach innen abgehenden Stäbchenfaden hat zu Schulden kommen lassen. Seine bestimmten Angaben über die Richtung des Fadens nach aussen, sowie dessen geknöpftes Ende können kaum für etwas Anderes, als den Ritter'schen Faden gelten. Aus dem Umstande, dass man im frischen Stäbchen keine Spur von diesem zu entdecken ist, darf nicht etwa geschlossen werden, dass er darin nicht präformirt, sondern nur ein zufälliges Kunstproduct sei, man müsste denn sonst auch auf die Präexistenz des Axencylinders in den Nervenfasern, die doch von der Mehrzahl der Histologen festgehalten wird, verzichten. An eine zufällige Entstehung ist dort um so weniger zu denken, als man manchmal auf Querschnitten der Retina aus allen innern Stäbchen-

*) Ritter, a. a. O. p. 109.
**) H. Müller, a. a. O. p. 28.
***) Experimenta quaedam de nervi optici dissecti ad retinae texturam vi et effectu. Dissert. Dorpat. 1857. p. 45.
†) Zur Anatomie und Physiologie der Retina. Zeitschr. für wissenschaftl. Zoologie. Bd. V. p. 19.

rudimenten die geknöpften Ritter'schen Fäden herausragen sieht (Fig. 3.). Statt der bläulichen Knöpfchen hängen an ihnen aber auch manchmal dieselben rundlichen Scheiben, deren Entstehung wir oben verfolgt haben (Fig. 8); jetzt erst verstehen wir die Bedeutung des kurzen Fadens, den wir an diesen hängen sahen: er ist der vor dem Stäbchenkorn abgerissene Ritter'sche Faden. Zu bemerken ist noch, dass ein so verändertes Stäbchen nicht mit einem Zapfen verwechselt werden darf, dem es sehr ähnlich sieht (S. u.). Noch räthselhafter gestaltet sich aber das Bild, wenn die Stäbchenmembran unmittelbar am Korn abreisst, und nun das ganze Stäbchen oder wenigstens seine innere Partie von jenem sich entfernend so weit nach aussen rückt, als es die Länge des Ritter'schen Fadens gestattet (Fig. 10). Auch diese Formen sieht man manchmal auf ganzen Durchschnitten (Fig. 3); die Stäbchenkörner haben ihren Platz und ihre regelmässige Lagerung bewahrt, erscheinen zum Theil ganz nackt, zum Theil wie in eine Membran gehüllt, und hängen nur durch die Ritter'schen Fäden mit den Stäbchenrudimenten zusammen. In diesen sieht man oft sehr deutlich den bläulichen Knopf in der scheinbaren Vakuole oder in der feinkörnigen Masse liegen. Der Faden ist in diesen Verhältnissen häufig dicker und gestreift, was aber von den daranhängenden Membranfetzen herkommt.

Ich habe nun noch eine Form der Stäbchen zu erwähnen, welche der ursprünglichen am nächsten steht, und welche wohl den meisten Beobachtern bekannt ist, um so mehr, da man schon in der frischen Retina dieselbe häufig angedeutet sieht. Schon am frischen Stäbchen sieht man manchmal sein inneres Ende in ein gleichschenkliges Dreieck auslaufen, dessen Basis durch eine bald sehr zarte, bald schärfere Linie bezeichnet ist. Setzt man Wasser zu, so kann man die allmähliche Lostrennung dieses Dreiecks verfolgen, welches sonst in Nichts von dem Stäbchen sich unterscheidet und ebenso homogen erscheint, wie dieses. Solchen „Ansatzstücken" begegnete ich im Anfang meiner Untersuchungen häufiger, wo ich noch stärkere Chromsäurelösung anwendete. Dabei sass aber in der Spitze des Dreiecks ein Korn, welches von einer Membran umfasst schien, von dem im frischen Zustand selten etwas zu sehen ist; die Grenze zwischen Stäbchen und Ansatzstück war sehr scharf, beide gleichmässig fein granulirt.

Ein vergleichender Ueberblick über alle nun angegebenen Veränderungen lässt uns einen gewissen Entwicklungsgang in

denselben erkennen, und liefert den Beweiss, dass jene ihren Grund haben in der complicirten Structur dieser scheinbar so homogenen Elemente. Nur die Bekanntschaft mit diesem Entwicklungsgange erlaubt uns auch, dieselben in allen Formen wieder zu erkennen und sie nicht mit andern Dingen zu verwechseln. Dass die Anregung zu diesen Metamorphosen von aussen durch irgendwelche chemisch oder mechanisch wirkende Agentien gegeben wird, und dass sie in dieser Beziehung allerdings als Kunstprodukte aufgefasst werden können, ist sicher, aber ebenso sicher ist, dass der Modus dieser Veränderungen kein beliebiger, sondern ein durch den Bau der Stäbchen selbst bedingter ist. Wenn wir, um glatte Muskelfasern oder um Nervenaxencylinder zu demonstriren, Essigsäure oder Collodium anwenden, so wird Niemand die nun sichtbar gewordenen Kerne oder das Primitivband für Produkte der zugesetzten Reagentien erklären, und deren frühere Unsichtbarkeit für Nichtexistenz halten wollen. So verhält es sich auch mit den erwähnten Stäbchenveränderungen. Die Processe, unter welchen diese erfolgen, sind nur endosmotische und Gerinnungen. Setzen wir die Säure in solcher Concentration zu, dass sie durch die Membran des Stäbchens hindurch dessen Inhalt das Wasser entzieht, so behält es ohngefähr seine Form, wird nur schmächtiger, besonders an seinem inneren Ende, dabei wird sein vorher homogener Inhalt granulirt, bleibt aber so ziemlich gleichmässig vertheilt: wir erhalten dann Bilder, wo namentlich die Trennung zwischen Stäbchen und Ansatzstücken deutlich hervortritt. Reisst an einer Stelle die Stäbchenmembran ein, so erfolgt natürlich der Eintritt der Flüssigkeit rascher und in grösserer Menge; der feingranulirte Inhalt wird dann in einzelne Klumpen zusammengeschwemmt und es beginnt nun hier eine doppelte Gerinnung. Es gerinnt nämlich die bekannte eiweissartige Masse, welche bei einfachem Wasserzusatz als Kugeln aus den Stäbchen austritt (Fig. 5). Diese scheidet sich zum Theil von der feingranulirten Masse, zum Theil schliesst sie diese ein, wobei dieselbe die Radien der oben erwähnten Scheibe (Fig. 7) bildet, welche nur allmälig von der inneren Partie des Stäbchens sich trennt, wobei dann der Ritter'sche Faden sichtbar wird (Fig. 8). Eine weitere Veränderung der Stäbchen erfolgt in sehr verdünnter Chromsäurelösung. Hier geschieht deren Eintritt rasch, aber auf dem Wege der Endosmose, die Membran bleibt also erhalten, wird aber sehr gedehnt, das Stäbchen wird zur Blase. Der körnige Inhalt lagert sich meistens in

deren inneren Theil, und der Ritter'sche Faden erscheint hier im Stäbchen liegend. Die eingedrungene Flüssigkeit findet nämlich ausser der Zerreissung der Membran auch noch einen andern Ausweg, nämlich durch das nur durch das Korn verschlossene innere Ende — sie treibt das Korn heraus. Dabei reisst nun entweder der Ritter'sche Faden ab, und es bleibt die Stelle, wo das Korn lag, leer, als scheinbare Vakuole, oder das sich entfernende Korn zieht den Ritter'schen Faden ganz oder nur zum Theil aus dem Stäbchen heraus, so dass manchmal das bläuliche Knöpfchen in das innere Stäbchenende zu liegen kömmt (Fig. 10). Häufiger aber als dass das Korn einfach austritt, reisst die Membran in seiner Nähe ein, und man findet es dann mit ihren Fetzen bedeckt. Die Bedingung, den Ritter'schen Faden sichtbar zu machen, liegt also in einer Gerinnung, wobei aber das Gerinnsel nicht zu dicht sein darf. Am besten gelingt es, wenn der grösste Theil des Stäbchens losreisst, und weggeschwemmt ist, so dass der Faden nun ganz frei liegt, wie dies zufällig durch die Fertigung des Schnitts oder durch einen Druck auf das Deckgläschen gelingt.

Nur nebenbei bemerke ich, das ich auch in der Retina von Fischen den Ritter'schen Faden gesehen zu haben glaube.

Ein zweites Element der Stäbchenschicht sind die Zapfen. So deutlich diese in frischen Präparaten erscheinen, so sehr schrumpfen sie durch Behandlung auch mit ganz verdünnter Chromsäure ein, so dass man Mühe hat, sie wieder zu erkennen, besonders wenn sie mitten unter den veränderten Stäbchen liegen. Dass überhaupt die Unterscheidung zwischen beiden Elementen in einzelnen Fällen sehr schwierig ist, geht daraus hervor, dass manche Beobachter die eine oder die andere ganz übersehen haben, andere aber Uebergangsformen anzunehmen sich veranlasst sahen. In der Froschretina habe ich keine solchen gefunden, obgleich ich manchmal, besonders im Anfange in Verlegenheit war, im bestimmten Falle zwischen beiden zu entscheiden. Betrachtet man die Umformung des Stäbchen (Fig. 9), wo der Ritter'sche Faden, mit dem Stäbchenkorn zusammenhängend, nur an seinem inneren Ende von einer feinkörnigen Substanz umschlossen ist, so sieht dies einem etwas veränderten Zapfen sehr ähnlich und man wird misstrauisch gegen das Vorkommen dieser. Ich selbst sah mich veranlasst, zur Constatirung desselben wieder zu frischen Präparaten zurückzukehren, wo sie namentlich durch die glänzenden Kugeln, welche sie einschliessen leicht erkennbar sind, obgleich auch sie ihre Form sehr rasch ändern, indem ihre Breite bedeutend zunimmt. Jene Kügelchen dürfen aber

nicht verwechselt werden einerseits mit den knopfförmigen Enden der Ritter'schen Faden, anderseits mit den Pigmentkugeln, welche aber in viel geringerer Zahl auf der äusseren Fläche der Retina liegen. Diese sind ausserdem viel grösser, und verrathen sogleich ihre Verwandtschaft mit den farbigen Oeltropfen, wie sie im Froschauge auch an anderen Stellen vorkommen. Auf Durchschnitten der Retina erscheinen sie seltener, und möchte ich sie daher eher der Chorioidea zuweisen. Mit den Knöpfen der Ritter'schen Faden sind die in den Zapfen liegenden Kügelchen aber schon deshalb nicht zu verwechseln, weil jene in frischen Stäbchen gar nicht sichtbar sind, und es erst durch Einwirkung der Chromsäure werden, während diese dadurch ihren Glanz verlieren und ganz unsichtbar werden. Ein weiterer Unterschied zwischen Stäbchen und Zapfen liegt auch in der Länge ihres nach aussen gerichteten Fortsatzes: dieser ist bei den Zapfen immer viel kürzer als die Ritter'schen Faden, erreicht meistens nur dessen halbe Länge. In ziemlich stark erhärteten Präparaten hatten die Zapfen öfters die Form von Nägeln (Fig. 3) angenommen, deren rundliche Knöpfe auf der Membrana limitans externa aufruhten, während ihre Spitzen durch diese hindurch in die äussere Körnerschicht drangen. Was die Menge der Zapfen betrifft, so steht sie nach meiner Beobachtung weit unter der der Stäbchen und nimmt gegen die Ora serrata hin ab; auf ihre Form gehe ich nicht näher ein, da ich der Beschreibung, die H. Müller davon gegeben hat, nichts hinzuzufügen habe.

Aeussere Körnerschicht.

Diese ist nach aussen, gegen die Stäbchen hin, durch eine Linie begrenzt, welche bei mittlerer Vergrösserung als ein dunkler, gleichbreiter Streifen erscheint, welche von Kölliker als „Begrenzungslinie der Stäbchenschicht", genannt, deren wahre Natur aber erst durch M. Schultze aufgeklärt wurde.

Müller hatte dieselbe aus den seitlichen Verbindungen der Stäbchen und Zapfen, v. Wahl*) aus solchen der Zapfenkörner entstehen lassen, Schultze aber zeigte, dass sich durch starke Vergrösserung die scheinbar einfache Linie in

*) De Retinae textura in monstro anencephalico disquisitiones microscopicae. Dorpat. 1859.

mehrere unregelmässig sich durchkreuzende auflösen lasse, dass sie also aus Fasern bestehen, welche sich durch einander hindurchdrängen, dabei aber so ziemlich im Meridian sich halten, und sehr wenig nach innen oder nach aussen abweichen. An freien, abgerissenen Enden des Präparates sieht man manchmal, allerdings sehr kurze Fäserchen hervorragen. Statt mit einer einfachen Linie als Ausdruck von seitlichen Stäbchen- oder Zapfenverbindungen, oder einer homogenen Membran, haben wir es also mit einem Netzwerk von Fasern zu thun, dessen Maschen allerdings so eng sind, dass man sie ebensogut als Löcher in einer Membran betrachten könnte, weshalb Schultze diese Membrana limitans ext. ganz treffend mit einem Eierbrett vergleicht. Diese Beobachtung ist für die Histologie der Retina von grösster Bedeutung: die äussere Grenzmembran bildet den äusseren Abschluss eines Systems von Bindegewebsnetzen, welche in mehreren Etagen in der ganzen Netzhaut übereinanderliegen, und welches mit der Membrana limitans interna nach innen schliesst. Schon die Limitans ext. verräth gewissermassen die Funktion dieser Gebilde: in ihren Maschen ruhen die andern histologischen Elemente eingelagert, welche eher dem eigentlichen Sehapparat angehören. So stecken in den Löchern jener Membran die Stäbchenkörner und die Zapfen; die Einsenkung ist eine verschieden tiefe — jene stecken bis zur Hälfte darin, diese schicken nur ihre fadenförmige Verlängerung hindurch.

Besondere Aufmerksamkeit richtete ich auf etwaige Verbindungen der inneren Stäbchenenden untereinander oder mit der Limitans. Was jene betrifft, so überzeugte ich mich, dass wirkliche seitliche Fortsätze der Stäbchen nicht existiren, der Zusammenhang dieser daher nur ein Zusammenkleben ist, dagegen schien es mir manchmal, als ob die Stäbchenmembran als ein zarter Contur in die Limitans überginge, doch bin ich darüber keineswegs sicher. Die Elemente der äusseren Körnerschicht sind von ziemlich ähnlicher Form, obschon wohl von ganz verschiedener histologischer Bedeutung. Es sind ziemlich grosse, rundliche, blasse „Körner“ meistens mit einem punktförmigen, sehr deutlichen Kern. Der Inhalt dieser Zellen, denn als solche müssen sie aufgefasst werden, ist ein feingranulöser, die Membran besonders an älteren Chromsäurepräparaten durch einen sehr scharfen Contur bezeichnet. An manchen ist dieser aber noch von einem hellen Saum begrenzt, der an verschiedenen Stellen verschieden breit, als der optische Ausdruck einer zarten Hülle erscheint, in welche das Korn

eingeschlossen wäre. An den meisten dieser Körner bemerkt man nun Fortsätze, wodurch ihre Beziehung zu den Nachbargebilden und somit auch zum Theil wenigstens ihre histologische Bedeutung erkannt werden können. Die äusserste, ziemlich regelmässige Reihe derselben sind die Stäbchenkörner, welche zur Hälfte etwa in Stäbchen verborgen liegen und einen fadenförmigen Fortsatz nach aussen senden: den Ritter'schen Faden, und einen zweiten, meistens feineren nach innen, der sich sehr bald in den umliegenden Körnern verbirgt und in situ nur selten bis in die innere Körnerschicht verfolgt werden kann. Vielleicht reicht derselbe aber in Wirklichkeit viel weiter nach innen, wenigstens fand ich ihn an freien Stäbchen einigemal so lang, dass sein inneres Ende wenigstens in der sogenannten Ganglienschicht liegen musste. Manchmal schien dieser Fortsatz alsbald mit einem Kern in Verbindung zu treten, wie dies bei den Zapfen gewöhnlich ist, doch liegt hiebei eine Verwechslung mit einer anderen Art von Körnern sehr nahe. Weiter nach einwärts finden sich solche von mehr länglicher Form, welche mehrere Fortsätze abgeben, die sich manchmal theilen, und von denen die einen in die Limitans externa, die anderen in die innere Körnerschicht sich verlieren. Statt eines deutlichen Korns bildet den Ausgangspunkt der Fortsätze manchmal nur eine blasse, nicht granulirte Anschwellung, welche durchaus nicht das Aussehen einer Zelle hat, sondern eher nur wie eine Verbreiterung einer Faser erscheint, in welcher auch kein Kern zu erkennen ist. In manchen Präparaten, die in stärkeren Lösungen gelegen hatten, lagen solche kernlose Anschwellungen reihenweise, und waren die sonst hier vorkommenden Körner vollständig verschwunden. Die ganze Schicht erschien dann wie ein Gitter, dessen Stäbe in der Mitte etwas verdickt waren und gegen die innere Körnerschicht und gegen die Membrana limitans externa dreieckig sich aubreiteten.

Zwischenkörnerschicht.

Dieselbe ist in der Froschretina sehr schmal, und in vielen Präparaten kaum als besondere Schicht zu unterscheiden. Sie besteht lediglich aus einem Geflecht feiner Fasern, welche zum Theil von der Limitans externa, zum Theil von Stäbchen und Zapfen herkommen. Sie gleicht in ihrem Bau jener in hohem Grade, nur sind die Maschen des Netzes viel weiter und mehr senkrecht auf die Ebene der

Retina gestellt. An vielen Stellen sieht man feine Fasern durch ihre Löcher ziehen, welche sich jetzt schon zu Bündeln ordnen, und aus denen dann die starken Müller'schen Fasern werden. Ganz in der Nähe des Geflechtes beschreibt Schultze grosse Lacunen von rundlicher Gestalt, welche ich ebenfalls gesehen habe, in denen ich aber Zellen von der Grösse und Form der äusseren Körner eingelagert fand, ohne dass dieselben mit den Wänden der Lacune in Verbindung standen. Es bildeten diese Körner manchmal eine einfache recht regelmässige Reihe, während ich sie in anderen Fällen ganz vermisste, und die Lacunen dann leer fand.

Innere (mittlere) Körnerschicht.

In dieser Schicht wiederholen sich zum Theil die schon beschriebenen Elemente, zum Theil treten ganz neue auf. Die innern Körner zeigen beim Frosch constante Verschiedenheiten von den äusseren, die nur bei älteren oder zu stark macerirten Präparaten verwischt sind. Während der Durchmesser der ganzen Lage den der äusseren Körnerschicht um das Doppelte, selbst das Dreifache übertrifft, sind die einzelnen Körner dort etwas kleiner, als hier, und obwohl im frischen Zustand ebenfalls rundlich, doch sehr geneigt, eine eckige Form anzunehmen. Was sie aber von den äusseren Körnern hauptsächlich unterscheidet, ist ihr homogenes, nicht granulirtes Aussehen, und der eigenthümliche lebhafte Glanz, der auch in der Chromsäure nicht ganz verloren geht. Liegen sie nur 1 bis 2 Tage in der sehr verdünnten Lösung, so erkennt man deutlich, dass, was vorher ein solides Körperchen schien, eine Zelle ist mit Inhalt, aber ohne Kern. Der Inhalt zieht sich nämlich in den meisten Körnern an einer oder zwei Stellen etwas von der Hülle zurück, wodurch diese dann deutlich sichtbar wird. Diese Körner zeigen meistens eine gewisse Gruppirung, indem eine Anzahl sich um eine Stützfaser herumlagert, und beim Herausreissen einer solchen, wie ein Träubchen an ihr hängen bleibt. Der Zusammenhang wird vermittelt durch sehr feine Fädchen, welche von den Körnern ausgehen, und durch welche diese auch untereinander in Verbindung stehen. Der Stamm einer Müller'schen Faser wird aber nicht durch diese Fädchen gebildet, sondern wurzelt, wie schon angegeben, in der äusseren und Zwischenkörnerschicht. Diese Fasern liefern für die mittlere Körnerschicht noch ein zweites Element,

welches mit dem ebenbeschriebenen nicht verwechselt werden darf. Man findet nämlich fast an jeder derselben irgendwo einen Kern, welcher meistens sogar in derselben zu liegen scheint, jedoch selten in ihrer Axe, meistens etwas zur Seite. Dieser Kern ist granulirt, enthält ein Kernkörperchen und entspricht in seinem Aussehen vollständig den äusseren Körnern, ist dagegen von den um ihn her liegenden immer sehr verschieden. Sieht man genau zu, so bemerkt man oft von dem einen oder andern Ende des länglichen Kerns ein feines Fädchen abgehen, viel feiner als die Müller'sche Faser, welches aber, an diese sich anschmiegend, meistens mit ihr verschmolzen scheint. Ob es sich nachher wirklich mit ihr verbindet, bin ich ausser Stande zu sagen. Ich fasste das Verhältniss so auf, als wäre das Korn, eine Zelle, an die Müller'sche Faser nur angelagert, und hätte nicht in dieser, sondern in dem beschriebenen feineren Fädchen seine Fortsetzung. Dafür spricht auch der Umstand, dass man manchmal ähnlich, wie oben für die äussere Körnerschicht angegeben wurde, die Müller'schen Fasern nur mit Anschwellungen trifft, die blass und ganz homogen sind, und durchaus nicht wie ein Korn aussehen.

Granulöse Schicht.

Zur genauen Erkennung der Structur dieser Schicht bedarf es, wie Schultze gezeigt hat, starker Vergrösserungen und sehr feiner Durchschnitte. Dabei überzeugt man sich aber dann bald, dass es sich hier nicht um eine „feinkörnige Substanz" handelt, wie man früher meinte, sondern in der That um ein sehr engmaschiges Netz feiner Fasern, oder um eine von vielen Löchern durchbrochene Membran. Am besten gewinnt man diese richtige Anschauung an ganz kleinen Fetzen dieser Schicht, wie sie manchmal isolirten Müller'schen Fasern anhängen. Merkt man sich hierbei die Beleuchtung einzelner dieser scheinbaren feinen Körner, und ändert dann etwas die Einstellung, so wird hell, was vorher ein schwarzer Punkt war, und umgekehrt. Die frühere Auffassung hatte immer zur Annahme einer Bindesubstanz genöthigt, deren Natur übrigens nicht weiter bekannt war, durch welche die so fest zusammenhängende feinkörnige Masse zusammengehalten werde. Namentlich aber konnte eine gewiss den meisten Beobachtern bekannte Thatsache nicht erklärt werden. Verfolgt man nämlich auf sehr dünnen Schnitten den Verlauf der von aussen eintretenden Müller'schen Fasern, so sieht

man da und dort eine ganz unvermerkt verschwinden, ohne deren abgerissenes Ende zu finden: die Faser scheint sich in die moleculäre Substanz aufgelöst zu haben. Etwas Aehnliches ist nun, wie M. Schultze erwiesen hat, allerdings der Fall — die Faser spaltet sich sehr rasch in eine Anzahl ganz kurzer Aeste, diese wiederholen die Spaltung, anastomosiren untereinander, und so bildet sich aus einer homogenen Faser ganz plötzlich ein Netz von oben beschriebenen Eigenschaften.

In der Froschretina, wo die Stützfasern meist sehr derb sind, lässt sich dies mit grosser Sicherheit erkennen. Uebrigens zeigt sich hier aufs Deutlichste, dass durchaus nicht alle Müller'schen Fasern durch Theilung mit diesem Netz in Verbindung stehen, da dieses die Spiralwindungen, welche viele derselben in der moleculären Schicht bieten, nicht zuliesse. Auf Schnitten, die ganz glatt liegen und keinerlei Faltung verrathen, sieht man oft mehrere solche korkzieherartig gewundene Fasern, ja manchmal zeigen sogar fast alle dieses Verhalten. Dies findet sich aber nie in frischen Objecten, immer nur in erhärteten; hier ist auch manchmal das feine Netz fast ganz zerstört, und das ganze Stratum besteht nur noch aus einem ziemlich groben Gerüste aus nur wenigen anastomosirenden Balken, von denen die stärksten und radiär verlaufenden die eigentlichen Müller'schen Fasern sind; von einer sogenannten feinkörnigen Substanz ist in solchen Fällen nichts mehr zu sehen, oder sie ist in unförmliche Klumpen verwandelt, welche in dem Gerüste liegen (Fig. 2). Die dunkeln Streifen, welche auch in der Froschretina die moleculäre Schicht der Länge nach durchziehen, wodurch diese manchmal wie geschichtet aussieht, fand ich sehr unbeständig und nicht durch besondere histologische Verhältnisse begründet*). Sehr selten fand ich in der besprochenen Schicht, ausser den starken Müller'schen Fasern, andere, um vieles feinere, die ebenfalls in radiärer, aber weniger gestreckter Richtung verlaufen, deren inneres und äusseres Ende ich aber nicht auffinden konnte. Ich würde diesen seltenen Befund gar nicht besonders angemerkt haben, wenn mir nicht Schultze's Angaben über eine zweite Art Radialfasern, der allein nervösen, die Vermuthung nahegelegt hätten, jene feineren Fäden, die ich sah, möchten dieser zweiten Art angehört haben; ich bemerke übrigens gleich hier, dass ich an denselben niemals Varikositäten wahrnahm.

*) M. Schultze, a. a. O. p. 13.

Schicht der Ganglienzellen (innere Körnerschicht).

Wie bei allen Wirbelthieren, trifft man auch beim Frosch auf senkrechten Retinaschnitten Zellen an der inneren Grenze der moleculären Schicht, welche gewöhnlich in einer einfachen Reihe liegen, und von den meisten Histologen als Ganglienzellen bezeichnet werden. Mag diese Bezeichnung auch für andere Thiere richtig sein, so muss jeder unbefangene Beobachter zugeben, dass beim Frosch diesen sogenannten Ganglienzellen fast Alles fehlt, was den Charakter von solchen ausmacht, und dass man es hier mit Gebilden zu thun hat, welche den sogenannten inneren Körnern auf das genaueste entsprechen. Es ist somit diese sogenannte Ganglienzellenschicht als die innere Körnerschicht zu bezeichnen, während diejenige, welche seither diesen Namen trug, die mittlere heissen muss. Die Elemente der ersteren sind nämlich dieselben rundlichen, glänzenden Zellen, die sehr leicht polygonal werden, wobei die Membran von dem homogenen Inhalt sich abhebt, die nur selten, und nur nach längerer Erhärtung einen Kern zeigen, und auch nur unter diesen Umständen fein granulirt erscheinen. Fortsätze sind daran ebenfalls sehr selten wahrzunehmen. Dass viele von ihnen zu den Müller'schen Fasern in demselben Verhältniss stehen, wie die Körner der äusseren und mittleren Schicht, hat man manchmal zu sehen Gelegenheit, niemals aber sieht man irgend einen Zusammenhang mit den naheliegenden Opticusfasern. Zieht man die ziemlich resistente Limitans stückweise ab, und betrachtet sie von der Fläche, so findet man jene sogenannten Ganglienzellen in grosser Zahl auf den Sehnervenfasern liegend, ohne dass man je in diesen günstigen Verhältnissen im Stande wäre, eine Verbindung zwischen beiden zu beobachten. H. Müller*) fand in der Froschretina ausser den ebenbeschriebenen Elementen „deutliche Zellen von 0,01 und 0,02 Mm. Durchmesser, unregelmässiger Gestalt, mit Kern auch wohl Kernkörperchen und feinkörnigem Inhalt, so dass sie den Ganglienkugeln bei anderen Thieren ähnlich sind." Die Zahl dieser Ganglienzellen werde aber weit übertroffen von freien Kernen, welche mit den oben erwähnten Körnern vollständig übereinstimmen. Diese sollen, wie Müller angiebt, und wie sie auch in seiner Abbildung**) gezeichnet sind, häufig gewissermassen von einem Hof umgeben sein, in dem er den Rest des Inhalts einer zerstörten

*) a. a. O. p. 32.
**) Taf. I. Fig. 2.

Ganglienzelle vermuthet. Letztere Beobachtung habe ich ebenfalls öfters gemacht, allein ich kann dieses Klümpchen für nichts Anderes halten, als für ein herausgerissenes Stückchen der sogenannten moleculären Substanz, des feinen Netzes, in welchem diese Zellen eingebettet liegen; dasselbe zeigte niemals eine irgend bestimmte Umgrenzung. Eigentliche multipolare Nervenzellen, wie Müller eine abgebildet, habe ich in der Froschretina nie gesehen, trotzdem ich Netzhäute in den verschiedensten Erhärtungsgraden untersuchte. Die Körner dieser Schicht haben alle eine so übereinstimmende, distincte Form, dass nur ihre Lage verführen kann, sie für Ganglienzellen zu halten. Ihre Verwandtschaft mit den mittleren Körnern wird auch dadurch bestätigt, dass beide durch Zusatz von verdünntem Aetznatron die ganz gleiche Veränderung erleiden, nämlich ganz gleichmässig aufquellen, und sehr blass werden, aber noch sichtbar bleiben, wenn die Elemente der äusseren Körnerschicht kaum mehr zu erkennen sind.

Schicht der Opticusfasern.

Die Nervenfasern in der Froschretina entbehren, wie Schultze fand, des sonst für Retinanervenfasern allgemein gültigen Kennzeichens der Varikositäten, indem sie als ziemlich gleichbreite, scharfconturirte Fasern erscheinen, die übrigens kaum den Durchmesser eines sehr feinen Axencylinders haben. Jene Angabe muss natürlich für frische Netzhäute gelten, da bei Chromsäurepräparaten variköse Nervenfasern, wie auch Owsjannikow*) bemerkt, überhaupt nicht vorkommen. Die Opticusfasern liegen je nach der untersuchten Stelle in verschiedener Dicke aufeinander, durchkreuzen sich mannigfach, nehmen aber nirgends einen ausgesprochen radiären Verlauf — niemals sah ich eine nach aussen in die moleculäre Schicht einbiegen. Ueber ihr Verhältniss zu den sogenannten Ganglienzellen habe ich mich schon oben ausgesprochen.

Innere Grenzmembran.

In keiner Retina lässt sich wohl der Uebergang der Radialfasern in die Limitans mit solcher Leichtigkeit verfolgen, als

*) Disquis. microscop. de medullae spin. textura, inprimis in piscibus factitatae. Dorpat. 1854. p. 10.

in der des Frosches. Vor Allem überzeugt man sich aufs Deutlichste, dass alle Radialfasern, welche überhaupt die innere Grenze der moleculären Schicht erreichen, soweit sie also nicht in das Netzwerk dieser sich auflösen, wirklich in die Limitans übergehen. Es geschieht dieser Uebergang, wie Fig. 2 zeigt, in ganz regelmässigen Abständen mit den bekannten 3seitigen Ansätzen. Diese letztern sind aber nicht, wie Müller und Andere angeben, die Durchschnitte eines Conus, sondern das verzweigte Ende der Radialfasern. Das sieht man sehr deutlich an Objecten, wo die Limitans abgerissen ist, und wo dann die kurzen Fäserchen, in welche die Müller'sche Faser sich getheilt hat, frei heraushängen. Diese fasrige Theilung wird aber beim Frosch gerade deshalb so klar, weil dessen Limitans überall die fasrige Struktur verräth, und nicht als die homogene Membran erscheint, wie bei anderen Thieren. Die Zweige der Radialfasern treten in die Limitans über, durchkreuzen sich und anastomosiren untereinander, und verleihen dieser dadurch eine netzförmige Zeichnung, in der allerdings zwischen Fasern nnd Falten nicht mehr genau unterschieden werden kann. Sehr schön sieht man auf Durchschnitten, die etwas schief gefallen sind, wie die Opticusfasern in kleinen und grossen Bündeln zwischen den inneren Enden der Radialfasern sich hindurchdrängen und sogar zwischen den feineren derselben hindurchschlüpfen. Gefässe habe ich in der Retina des Frosches keine gefunden — alle, die ich zufällig in meinen Präparaten traf, gehörten dem bekannten Gefässnetz der Hyaloidea an.

Ich habe in der vorstehenden Beschreibung mich zunächst nur auf eine möglichst genaue Darstellung der Form und des Zusammenhangs der einzelnen Retinaelemente beschränkt, die histologische Deutung dagegen fast ganz bei Seite gelassen. Wenn ich im Folgenden eine solche zu geben versuche, so bin ich mir zum Voraus bewusst, dass die „brennende Frage" dadurch nicht zu einer bestimmten, erschöpfenden Antwort gelangen wird, ja mein Versuch wird vielleicht im Gegentheil Andere wie mich selbst zu der Ueberzeugung führen, dass die Froschretina das geeignete Object durchaus nicht ist, das über die physiologische Bedeutung der einzelnen Netzhautelemente sichere Entscheidung bringen könnte.

Das werthvollste Resultat, welches die Untersuchung der Froschretina in neuester Zeit gebracht hat, ist die Erkenntniss des merkwürdigen Bindegewebsgerüstes, wie wir sie durch

M. Schultze's neueste Arbeiten erhalten haben. Ich fand in allem Wesentlichen seine Darstellung bestätigt und freute mich über den nun gefundenen Plan der früher so verworrenen Architektonik der Retina. Die Lagerung der einzelnen Schichten übereinander, ihr Zusammenhang untereinander wird erst dadurch verständlich, dass wir wissen, dass ein zusammenhängendes Gerüste aus Fasern des verschiedensten Durchmessers, in verschiedenster Weise zu Netzen verschlungen oder frei verlaufend, nach allen Richtungen sich verzweigend und verbindend — die ganze Retina durchzieht, und für deren nervöse Elemente ein sicheres Lager bildet. Die genaue Kenntniss dieses Gerüstes ist aber auch deshalb von grossem Werth, weil dadurch eine Menge von Retinaelementen mit Bestimmtheit in die Klasse des Bindegewebes verwiesen werden, welche man seither unter den nervösen, den eigentlichen optischen Apparat bildenden mitgeführt hatte. Die einzelnen Etagen dieses Gerüstes — die Membrana limitans externa, die Zwischenkörnerschicht, die moleculäre Schicht und die Membrana limitans interna sind durch die Radialfasern, welche in der moleculären Schicht zu starken Pfeilern zusammenschmelzen, gestützt und verbunden. Dass diese Pfeiler, die eigentlichen Müller'schen Faden, keine directe Fortsetzung der von den Stäbchenkörnern ausgehenden sind, wie man früher meinte, wird schon daraus ersichtlich, dass jene im Verhältniss zu diesen in sehr geringer Zahl vorhanden sind; dabei handelt es sich aber nicht etwa um ein blosses Zusammenlegen mehrer Fäden in ein Bündel, sondern um ein wirkliches Verschmelzen in eine homogene Faser. Schultze fasst dieses Verhältniss anders auf, indem er von dem Kern der Faser ausgehend, ihre Wurzeln und Zweige als Theilungen einer ursprünglich einfachen Zelle betrachtet. Ich kann dieser Ansicht schon deshalb nicht beitreten, weil ich, wie ich oben angab, häufig den Kern der Müller'schen Faser nur angelagert fand. Jedenfalls wird aus allen diesen Beobachtungen das wahrscheinlich, dass so ziemlich Alles, was man früher zum radiären Fasersystem rechnete, bindegewebiger Natur ist. Dadurch sind dann auch viele Angaben über Verbindungen der Stäbchen und Zapfen mit inneren Körner- oder Nervenzellen sehr unwahrscheinlich geworden. Es bedarf der grössten Aufmerksamkeit und Unbefangenheit, um sich hierbei nicht Täuschungen auszusetzen, um nicht in diesem Gewirre von sich verzweigenden und durchkreuzenden Fasern Verbindungen zu sehen, wo in der That keine existiren. Auch Schultze mahnt in dieser Beziehung zur grössten Vorsicht, sogar gegen-

über den Angaben der bewährtesten Histologen. Ausser diesem bindegewebigen Radialfasersystem hat dieser Forscher nun aber ein zweites in der Retina beschrieben, welches nervöser Natur sei, und welches vor ihm wohl noch Niemand besonders beachtet hat. Das Hauptcriterium für diese nervösen Fasern sucht er, auf vergleichende Beobachtungen im centralen Nervensystem sich stützend, in ihrer Feinheit, homogenen und varikösen Beschaffenheit. Fasern von diesen Eigenschaften fand er nun frei durch die Retina von innen nach aussen laufend, einerseits mit Ganglienzellen und Opticusfasern, andererseits mit Körnern in Verbindung tretend. Ich habe mir vergeblich Mühe gegeben, mich von der Anwesenheit solcher Fasern in der Froschretina mit Sicherheit zu überzeugen, was hier um so schwieriger ist, als hier die Varicositäten und die Ganglienzellen fehlen; die Feinheit allein ist aber ein zu unsicheres Criterium. Das Wenige, was ich in dieser Beziehung beobachtete, habe ich schon oben angegeben; ich darf mir daraufhin durchaus keinen Schluss erlauben. Obwohl ich also in der Froschretina weder multipolare Ganglienzellen, noch unzweifelhafte Nervenfasern — die Opticusschicht natürlich ausgenommen — gefunden habe, möchte ich doch nicht behaupten, dass darin wirklich gar keine nervösen Elemente vorhanden seien, ich bin sogar geneigt, eines hierher zu zählen, das in der Schultze'schen Beschreibung ganz fehlt — ich meine den Ritter'schen Faden. Der Entdecker selbst bezeichnet denselben als die eigentliche Endigung der Opticusfasern, und es hat diese Annahme gewiss Manches für sich. Dass die Stäbchen keine soliden Körper sind, deren Uebergang in eine Nervenfaser histologisch immerhin schwer begreiflich wäre, dass sie eine Membran und einen halbweichen Inhalt haben von einer ganz eigenthümlichen optischen Beschaffenheit, ist gewiss. Die Einlagerung einer Nervenendigung in eine solche Umhüllung erscheint gewiss für den Physiologen sehr plausibel; es existirt dafür ausserdem in den Tastpapillen, den Vater'schen und Krause'schen Körperchen eine nicht zu verkennende Analogie. Dass durch Bewegungen des Inhaltes dieser Endbläschen die Empfindung hervorgerufen wird, kann wohl keinem Zweifel unterliegen, trotzdem wir den Uebergang einer mechanischen Erschütterung in jene ebensowenig verstehen, als die Umsetzung des eigenthümlich modificirten Lichtstrahles in eine Lichtempfindung in den Stäbchen. Ich halte daher auch von dieser Seite die Ritter'sche Entdeckung für eine äusserst werthvolle, um so mehr, wenn sie sich auch für die Retina

anderer Thiere bestätigen sollte. Mit Bestimmtheit dagegen jetzt schon die Stäbchenfaden als Opticusendigungen ansprechen zu wollen, dazu fehlen, scheint mir, noch alle Mittelglieder.

Ebensowenig als unter den fasrigen, lassen sich auch unter den zelligen Gebilden der Froschretina mit Sicherheit nervöse erkennen. Man findet darin zwei Arten von Zellen, sogenannten Körnern, die sich nicht nur durch ihr Aussehen streng von einander unterscheiden, sondern auch durch ihre verschiedene Lagerung eine verschiedene histologische Bedeutung verrathen. Die eine Art dieser Körner findet sich in grösster Menge in der äusseren Körnerschicht, in viel geringerer in der inneren (mittleren). Es sind dies die grossen, blassen, feingranulirten, mit einem Kern versehenen Zellen, welche zum Theil frei in den Maschen des Bindegewebes liegen, zum grösseren Theil aber durch Ausläufer mit diesem zusammenhängen. Zu diesen Körnern gehören aber der äusseren Form nach auch die Stäbchen- und Zapfenkörner, sowie die in oder an den Müller'schen Fasern gelegenen. Mit Ausnahme der Stäbchen- und vielleicht Zapfenkörner sind diese Gebilde mit Bestimmtheit alle dem Bindegewebe zuzuzählen, dessen Kerne oder persistirende Zellen sie vorstellen. Die zweite Art von Körnern ist ihrem Vorkommen nach ganz auf die mittlere und innere Körnerschicht beschränkt. Bei dieser ist die Zellennatur viel weniger ausgesprochen, da ihnen fast immer der Kern fehlt, und ihr Inhalt eine ganz homogene Masse ist. Ihre Fortsätze sind viel feiner, als die der ersten Art, vielen scheinen dieselben ganz zu fehlen. Diese Zellen haben nun gar keine Aehnlichkeit mit Ganglienzellen, und sie würden, wenn sie nicht grade in der Schicht vorkämen, wo bei anderen Thieren die Nervenzellen liegen, von Niemand für solche gehalten worden sein. So aber hat man sich bemüht, sie wenigstens als Kerne von Ganglienzellen aufzufassen, oder hat sie für unreife Ganglienkugeln erklärt, hat aber dabei übersehen, dass dieselben mit unzweifelhaft bindegewebigen Elementen zusammenhängen, somit unmöglich nervöser Natur sein können.

Tafel-Erklärung.

Fig. 1. Senkrechter Durchschnitt durch die Retina des Frosches. (Starke Vergrösserung.)

1. Stäbchenschicht.
   a. Pigmentfortsätze der Chorioidea.
   b. Zapfen.
   c. Stäbchenkörner.
2. Aeussere Körnerschicht.
   h. Membrana limitans externa.
3. Zwischenkörnerschicht.
   d. Grosse Zellen in Alveolen liegend.
4. Mittlere (innere) Körnerschicht.
   e. Kerne in den Müller'schen Fasern.
5. Granulöse Schicht.
   f. Müller'sche Fasern.
6. Innere Körnerschicht.
   g. Uebergang der Müller'schen Fasern in die Limitans.
7. Opticusfasern und Limitans interna.

Fig. 2. Durchschnitt durch die inneren Schichten der Retina des Frosches.

a. Stämme der Müller'schen Fasern.
b. Innere Körner.
c. Opticusfasern.
d. Limitans interna.

Fig. 3. Stäbchenschicht der Froschretina in Chromsäure gehärtet.

a. Blasig aufgetriebene Stäbchenmembran.
b. Ritter'scher Faden.
c. Zapfen.
d. Stäbchenkorn.
e. Membrana limitans externa.

Fig. 4—12. Stäbchenmetamorphosen.

Ueber das Lymphgefässsystem.

Von

Dr. med. **C. Meder,** pr. Arzt zu Altenkirchen.

Die Entdeckung der Lymphgefässe durch Aselli im Jahre 1622 änderte sehr bald die bisherige Ansicht der Physiologen über die Resorption Denn während man vorher nur die Venen für die Aufsaugungsorgane im Körper hielt, schrieb man nun den Lymphgefässen allein das Resorptionsvermögen zu. Spätere Forscher schlossen sich hingegen der ältern Ansicht wieder an und der gegenwärtige Stand der Wissenschaft ist der, dass beide, sowohl Blut- wie Lymphgefässe, resorbiren, letztere jedoch nicht alle-, sondern nur gewisse Stoffe. Doch auch hiermit konnte dieser Gegenstand noch nicht als abgeschlossen betrachtet werden, indem verschiedene Physiologen, welche ähnliche Experimente anstellten, ganz entgegenstehende Resultate erzielten.

Ich habe daher ebenfalls mich längere Zeit mit der Resorption der Lymphgefässe beschäftigt, indem ich theils früher angestellte Versuche wiederholte, theils neue hinzufügte. Die Resultate derselben werde ich in folgenden Zeilen mittheilen, gehe aber zuvor auf das Wichtigste in der Literatur über Resorption ein.

Der erste, welcher von der ältesten Ansicht über die Resorption abgeht, ist John Hunter*); derselbe hält nur die Lymph- resp. Chylusgefässe für resorptionsfähig und entnimmt den Beweis hierfür aus acht Experimenten, die er an Hunden und Schafen anstellte. Er füllte z. B., um einige Versuche anzuführen, bei einem Schafe ein Stück Darm mit warmem Wasser, unterband dasselbe an beiden Enden, und

*) The Works of John Hunter. Palmer'sche Ausgabe. Bd. IV. p. 301 — 307.

brachte es in die Bauchhöhle znrück. Nach einiger Zeit holte er es wieder hervor, und untersuchte die zu diesem Darmstück führenden Venen; da dieselben kein dünnflüssigeres Blut enthielten, so schloss er, dass die Venen nicht resorbirten. Dass dagegen die Lymphgefässe resorbiren, beweist Hunter auf ähnliche Art, indem er statt Wasser Milch in ein Darmstück spritzte, worauf er alsbald Milch in den Lymphgefässen beobachtete, nicht aber in den Venen.

Flandrin*) ebenso wie Westrumb**) wiederholten Hunter's Versuche und gelangten zu einem ganz entgegengesetzten Resultate: dieselben brachten Pferden und anderen Thieren Substanzen, welche leicht durch Reagentien wieder zu erkennen waren, theils in den Magen, theils unter die Haut, und sahen dabei nie den Inhalt des Ductus thoracicns auf die eingeführten Stoffe reagiren, woraus sie nun schlossen, dass die Venen und Capillaren resorbirten. Westrumb berücksichtigt indessen später mehr die Versuche von Hunter und spricht den Lymphgefässen nicht ganz die Resorption ab, sondern ist der Ansicht, dass in der Regel „nur assimilirte, durch die Digestion ihres eigenthümlichen Charakters beraubte, in homogene Masse verschmolzene Substanzen durch die Milchsaftgefässe in den Ductus thoracicus gelangten, während unassimilirte direkt in das Blut übergingen."

Magendie***) suchte durch Experimente, welche er gemeinschaftlich mit Dupuytren anstellte, zu beweisen, dass nicht die Lymphgefässe, sondern die Venen resorbirten. Wenn er einem Hunde eine Rhabarberdekoct zu fressen gab, so zeigte sich Rhabarber nach einer halben Stunde im Blute und im Urine, nicht aber in dem Ductus thoracicus, und wenn er bei unterbundenem Ductus thoracicus einem Thiere ein Decoct von Nux vomica beibrachte, so trat ebenso schnell Vergiftung ein, wie wenn der Ductus thoracicus nicht unterbunden gewesen wäre. Ebenso verhielt es sich, wenn er genanntes Decoct in ein Darmstück spritzte, welches vollständig aus seiner Continuität getrennt und nur noch mit seinen betreffenden Arterien und Venen im Zusammenhang war.

Segalas†), ein Schüler Magendie's, bestätigt dessen Versuche und modificirt dieselben der Art, dass er ein aus

*) Heusinger's Ausg. d. Physiol. von Magendie. Bd. II. p. 175.
**) Physiologische Untersuchungen über die Einsaugungskraft der Venen. Hannover 1825.
***) Physiologie. Bd. II. p. 171.
†) Magendie, Journal de Physiologie. Bd. II. p. 117.

seiner Continuität getrenntes Darmstück nur mit seinen betreffenden Chylusgefässen im Zusammenhange lässt und dann dieses Darmstück mit einer Solution von Extractum Nuc. vomic. anfüllt, was nach einer halben Stunde noch keine Vergiftungssymptome zur Folge hatte. Nichts destoweniger ist Magendie doch der Ansicht, dass auch die Lymphgefässe resorbiren müssen, und führt zum Belege hierfür pathologische Processe an. Der direkte Beweis aber, sagt er, dass die Lymphgefässe einsaugen, fehlt noch. Diesen führt indessen Emmert*). Derselbe unterbindet bei einem Thiere die Aorta abdominalis unterhalb dem Abgange der Nierenarterien, und bringt dann blausaures Kali in Solution unter die Haut des Oberschenkels, von wo es in kurzer Zeit aufgenommen, im Urine sich wieder zeigte. Der Kreislauf des Blutes war hier im Oberschenkel aufgehoben, und konnte somit die Resorption, wie Emmert glaubte, nur durch die Lymphgefässe stattfinden. Hingegen beobachtete er weiter, dass unter denselben Bedingungen ein Angustura-Absud nicht aufgenommen werde, woraus er den Schluss zog, dass indifferente Stoffe, wie das blausaure Kali, von den Lymphgefässen aufgesogen, Gifte dagegen entweder gar nicht von denselben resorbirt würden, oder nur so, dass sie ihre giftigen Eigenschaften verlören und somit keine Vergiftungssymptome hervorbrächten.

Der Emmert'schen Ansicht entgegen sind die Versuche über Absorption, welche von einem Ausschusse der Academy of Medecine zu Philadelphia**) veranstaltet wurden. Fünfmal wurden 3 Unzen einer Solution von blausaurem Kali in die Bauchhöhle von Katzen eingespritzt und jedesmal reagirte nach einer halben Stunde, sowohl das Blut, als auch der Chylus auf die eingebrachte Flüssigkeit. Wurde dieselbe Solution bei einer Katze durch den Mund in den Magen gespritzt, so zeigte sich nach 45 Minuten deutliche Reaction im Urin und im Chylus des Ductus thoracicus. Dies Experiment wird indessen von der Academie selbst als nicht gültig betrachtet, indem bei der Oeffnung des Ductus thoracicus der Oesophagus mit verletzt wurde, der einen Theil seiner Flüssigkeit in das Gefäss entleerte, welches zum Auffangen des Chylus bestimmt war. Als man daher bei einem gleichen Versuche vorsichtiger zu Werke ging, fand sich keine Spur von blausaurem Kali in dem Chylus.

---

*) Meckel's Arch. I. 1815. p. 178.
**) Philadelph. Journ. Nr. 6. Froriep's. Not. Nr. 49.

Unterbindung der Capsula Glissonii und Einspritzen einer Lösung von Nux vomica in den Dünndarm hatte bei einer Katze nach 14 Minuten die heftigsten Krämpfe und Tod zur Folge. Hingegen zeigten sich nach 17 Minuten noch keine Krämpfe, wenn bei einer Katze ein Stück Darm von 2″ Länge isolirt, dessen Blut- und mehrere Lymphgefässe zerstört waren, und dann in dieses Darmstück eine Lösung von Nux vomica eingespritzt wurde. Ich übergehe die übrigen Versuche, da überhaupt sämmtliche mit nicht sehr grosser Genauigkeit angestellt sind.

Einer genauern Untersuchung wurde dieser Gegenstand unterworfen von Henle, Behr, v. Dusch und von Bischoff. Henle bestätigt die Emmert'sche Ansicht, gibt ihr aber eine andere Erklärung, indem er sagt, dass die Lymphgefässe, nach Unterbindung der Aorta abdominalis, die narkotischen Stoffe, wenn diese unterhalb der Unterbindungsstelle unter die Haut eines Thieres gebracht würden zwar resorbirten, indessen wegen der durch das Gift hervorgebrachten Lähmung der Lymphgefässwandung nicht ins Blut überführten, und aus diesem Grunde kein Vergiftungssymptom hervorbrächten. Dasselbe tritt ein, sagt Henle ferner, wenn man eine Strychninlösung verbunden mit einer Solution von Kaliumeisencyanür unter denselben Bedingungen unter die Haut eines Thieres bringt, indem alsdann wegen der Lähmung der Lymphgefässwandungen weder die eine, noch die andere Flüssigkeit ins Blut gelangen könne, während Kaliumeisencyanür für sich allein jedesmal resorbirt werde.

Bischoff hingegen behauptet, und mit ihm stimmen Herbst und Ludwig überein, dass, wenn eine Strychninlösung, sowohl für sich allein, als auch zusammen mit einer Kaliumeisencyanürlösung nach Unterbindung der Aorta abdominalis unter die Haut des Ober- oder Unterschenkels eines Thieres gebracht wird, dieselbe jedesmal resorbirt werde, indem sowohl Krämpfe einträten, als auch Reaction auf Kaliumeisencyanür im Urine wahrnehmbar seien.

In der Zeitschrift für rationelle Medicin von Henle und Pfeufer werden in drei aufeinanderfolgenden Bänden III—V Versuche angeführt, durch die ein jeder der genannten Forscher seine Ansicht zu vertheidigen sucht. Da die Experimente sich vollkommen ähnlich scheinen, aber dennoch zu entgegengesetzten Resultaten führen, so will ich einige derselben hier mittheilen. In jener Zeitschrift heisst es unter Anderem: „Einem Kaninchen männlichen Geschlechts wurde die Aorta abdominalis, nachdem sie zuvor isolirt worden war,

unterhalb des Abganges der Art. renalis unterbunden. Die vorgefallenen Eingeweide wurden zurückgebracht und durch die Naht vereinigt. Nach einigen Minuten waren die unteren Extremitäten völlig gelähmt. Das Thier wurde auf dem Rücken liegend auf ein Bret gespannt, und es wurde demselben eine Hautwunde am rechten Unterschenkel beigebracht, die durch Baumwolle, welche in die nach Bischoff's Angabe bereitete Mischung von Strychnin und Cyaneisenkalium eingetaucht war, beständig feucht erhalten wurde. Im Ganzen wurden etwa 3 Drachmen der Mischung verbraucht, wovon höchstens einige Tropfen verloren gingen. Als nach $2^1/_2$ St. sich noch keine Vergiftungssymptome eingestellt hatten, wurde das Thier durch einen Schnitt in die Medulla oblongata getödtet. Die Harnröhre wurde von aussen unterbunden, und damit der Urin nicht ausfliessen konnte, die Bauchwunde wieder getrennt, von innen ebenfalls eine Ligatur um die Blase gelegt, und dieselbe durch einen Schnitt zwischen der äussern und innern Ligatur losgetrennt. Der Urin wurde in einem Reagensglase, welches bereits einige Tropfen Eisenchloridlösung enthielt, gesammelt. Auf Zusatz von etwas Salzsäure brauste er auf, von Berlinerblau zeigte sich jedoch keine Spur. Nach einigen Tagen bemerkte ich auf dem Boden einen dunkelgrünen flockigen Niederschlag, der mir verdächtig vorkam. Ich unterwarf ihn daher einer nähern Untersuchung. Der Niederschlag wurde auf einem kleinen Filter gesammelt, sorgfältig ausgewaschen und mit einigen Tropfen Kalilauge digerirt. Auf Zusatz von Eisenchlorid mit etwas Salzsäure zeigte sich jedoch keine Spur eines blauen Niederschlags, was doch hätte geschehen müssen, wenn obiger Niederschlag Berlinerblau enthalten hätte.*)"

In derselben Zeitschrift sagt Bischoff: „Ich unterband einem Kaninchen um 11 Uhr die Aorta und brachte, nachdem vollständige Lähmung der hintern Extremitäten eingetreten war, in eine Hautwunde am Unterschenkel das von Behr angegebene Gemisch von Gr. XII. Strychn. acet. auf ℥j Wasser mit Cyaneisenkalium. Vorher entleerte ich noch durch mehrmaliges Streichen nach oben die Hautvenen des Unterschenkels, welche sich auch nicht wieder füllten, zum weitern Zeichen, dass kein Kreislauf mehr stattfand. Ausserdem bemerke ich, dass diese Strychninlösung bedeutend stärker ist, als die von mir angewendete, und dass bei Zusatz des Cyaneisenkaliums

*) v. Dusch's Versuch III. Zeitschrift für rationelle Medicin von Henle u. Pfeufer. Bd. IV. p. 370.

ein starker Niederschlag entsteht. Das Gemisch enthält indessen noch hinlänglich freies Strychnin und Cyaneisenkalium. Um 12 Uhr reagirte der auströpfelnde Harn bereits auf Cyaneisenkalium, und um $12^1/_2$ Uhr trat der Tod unter heftigem Tetanus ein. — Gefüllte Lymphgefässe waren nicht sichtbar. Das Blutserum reagirte nicht auf Cyaneisenkalium.*)"

Solche Versuche wurden von jenen Forschern wiederholt angestellt, führten indessen jedesmal zu verschiedenen Resultaten, so dass Henle in seiner Zeitschrift vom Jahr 1856 schliesslich bemerkt, es müsse nunmehr darauf geachtet werden, warum nach Unterbindung der Aorta abdominalis sowohl giftige, wie unschädliche Substanzen, wenn sie unterhalb der Unterbindungsstelle unter die Haut eines Thieres gebracht wurden, bald in das Blut übergingen, bald nicht.

Dies ist indessen nicht so leicht, wie es auf den ersten Augenblick scheinen mag. Ich will nicht von der Vorsicht sprechen, welche man anwenden muss, um die Thiere nach der Operation so zu legen, damit nicht das Bein, unter dessen Haut man die zu resorbirenden Stoffe eingebracht, mit andern Körpertheilen, vor Allem aber nicht mit der Bauchwunde, in Berührung kommt, wodurch ein solches Experiment begreiflicher Weise leicht falsch wird, und zu falschen Schlüssen Veranlassung gibt, wenn die Fehlerquelle nicht entdeckt wurde. Auch will ich den Umstand übergehen, dass man für die grösstmögliche Reinlichkeit der Gefässe sorgen muss, dass man seine Finger nicht mit den Substanzen, welche man zu den Resorptionsversuchen benutzt, in Berührung bringt, und dann ohne daran zu denken die Aorta unterbindet, wodurch die Experimente augenblicklich ihren Werth verlieren. Von diesen und noch andern Hindernissen beim Experimentiren will ich schweigen, denn man kann sie bei längerer Uebung umgehen. Indessen bleibt das die Hauptschwierigkeit, die Versuche, welche sich ähnlich sein sollen, auch ähnlich zu machen, und wenn dies auch so viel wie nur möglich geschehen ist, die Gründe aufzusuchen, weshalb die Resultate der Versuche oft nicht dieselben sind.

Ich gehe nun zu meinen Experimenten über, und übergehe diejenigen, welche mir nicht ganz zuverlässig schienen, wozu ich namentlich die im Anfang gemachten rechne.

Zuerst suchte ich die Zeit zu bestimmen, in der blausaures Kali von einer Hautwunde aus resorbirt wird, und im Urine

---

*) Bischoff's Versuch III. Zeitschrift für rationelle Medicin von Henle und Pfeufer. Bd. V. p. 298.

durch Reagentien zu entdecken ist. Dieselbe schwankt zwischen 10—20 Minuten, nach deren Verlauf der zu untersuchende Urin durch Zusatz einiger Tropfen Eisenchlorid und Salzsäure blau gefärbt wird. Eine bestimmte Ursache, warum das Kaliumeisencyanür bald früher, bald später resorbirt wird, konnte ich nicht auffinden; wahrscheinlich hängt dies mit der stärkern und schwächern Concentration des Blutserums zusammen, worüber indessen die Versuche erst entscheiden müssen. Im Blute ist das Kaliumeisencyanür schwieriger mit Bestimmtheit nachzuweisen, indem jedes Blut durch den Zusatz von Eisenchlorid schwärzlich gefärbt wird, wodurch eine etwa durch Kaliumeisencyanür entstandene blaue Färbung leicht übersehen werden könnte. Ich machte daher verschiedene Versuche, um Kaliumeisencyanür im Blute ebenso leicht nachweisen zu können, wie im Urine. Ich verfuhr zuerst grade so wie Claude Bernard, wenn er Blut auf Zucker untersuchte, indem ich eine ziemliche Quantität Blut in einem eisernen Löffel mit Natron sulphuricum bedeckte, dasselbe dann über einer Spirituslampe erhitzte, und hierauf das hell abgegossene Crystallwasser auf Kaliumeisencyanür untersuchte. Es war indessen auch dies ein nicht ganz zuverlässiges Mittel, indem die Reaction bald eintrat, bald nicht, ohne dass ich einen bestimmten Grund hierfür hätte auffinden können. Am besten thut man, wenn man das zu untersuchende Blut gerinnen lässt, und dann das helle Serum abgiesst, in welchem sich am leichtesten alsdann die Gegenwart von Kaliumeisencyanür vermittelst Eisenchlorid ermitteln lässt. Welchen Einfluss eine stärkere, oder schwächere Solution auf eine schnellere, oder langsamere Resorption hat, habe ich nicht untersucht; in meinen Experimenten bediente ich mich immer der stärksten Lösungen. Die Gegenwart von Strychnin im Blute chemisch nachzuweisen, ist nicht nöthig, da die Krämpfe und der unter Krämpfen eintretende Tod die Resorption von Strychnin nicht im Zweifel lassen.

Nach diesen einleitenden Untersuchungen unterband ich bei einem gut ätherisirten Kaninchen die Aorta abdominalis $^1/_2$'' unterhalb dem Abgange der Nierenarterien. Ich verfuhr dabei auf folgende Art: Nachdem ein 3'' langer Bauchschnitt längs der linea alba linkerseits gemacht war, zog ich die Eingeweide so viel wie nöthig war hervor und isolirte vollständig die Aorta abdominalis an genannter Stelle. Hierauf unterband ich dieselbe, brachte die Eingeweide in die Bauchhöhle zurück, und vereinigte die Wunde durch Nähte. Als ich mich überzeugt hatte, dass vollständige Lähmung der

hintern Extremitäten eingetreten war, machte ich eine 1'' grosse Hautwunde auf dem Rücken in der Gegend des Schwanzes, und spritzte mit der grössten Vorsicht 20 Tropfen einer Kaliumeisencyanürlösung unter die Haut. Es floss kein Tropfen über, sondern die Flüssigkeit durchdrang sehr schnell das lockere Zellgewebe. Nach 16 Minuten reagirte der durch Druck auf die Blase entleerte Urin deutlich auf Kaliumeisencyanür. Das Thier wurde getödtet und die Section ergab, dass die Unterbindung vollständig und an der richtigen Stelle ausgeführt war. Das Blut, die Nieren und der Inhalt der Blase reagirten auf Kaliumcyanür. Da wiederholte Versuche zu demselben Resultate führten, so schloss ich, dass die Lymphgefässe das Kaliumeisencyanür resorbirt, und dem Blute zugeführt hätten. Indessen war es mir dabei doch auffallend, dass, wiewohl das Blut und der Urin auf Kaliumeisencyanür reagirten, dies niemals mit dem Inhalte der auf dem Muscul. psoas liegenden Lymphgefässe und dem des Ductus thoracicus der Fall war und als ich nun einmal untersuchen wollte, ob und in welche Organe das Kaliumeisencyanür übergehe, was beiläufig bemerkt bei verschiedenen (z. B. den Muskeln der Zunge, dem Mesenterium, dem Musc. psoas, dem Humor aqueus etc.) der Fall war, entdeckte ich, dass die unter der Haut des Rückens eingespritzte Lösung sich mechanisch sehr stark in das lockere Zellgewebe verbreitet hatte. Diese Ausbreitung war so bedeutend, dass noch Rückenmuskeln, welche in gleicher Höhe mit der Unterbindungsstelle der Aorta lagen, durch Zusatz von Eisenchlorid intensiv blau gefärbt wurden, während dies bei den Muskeln, die näher dem Kopfe zu lagen nicht mehr oder nur hier und da, wo grössere Blutgefässe verliefen, äusserst schwach der Fall war. Dieses sowohl, als auch der Umstand, dass der Inhalt des Ductus thoracicus nie auf Kaliumeisencyanür reagirte, liessen mich vermuthen, dass die sich unter der Haut mechanisch ausbreitende Flüssigkeit zuletzt mit solchen Blutgefässen in Berührung kam, die oberhalb der Unterbindungsstelle von der Aorta abgingen, wodurch die Resorption wieder von Blutgefässen aus stattfinden konnte. Aus diesem Grunde applicirte ich in einem folgenden Versuche das Cyaneisenkalium unter die Haut des Oberschenkels, nachdem vorher die aorta an der gewöhnlichen Stelle unterbunden worden war. Die Resorption erfolgte von hier 10—20 Minuten später, als in den vorhergehenden Experimenten, jedoch hatte ich meinen Zweck, nämlich zu hindern, dass durch die mechanische Ausbreitung des Kaliumeisencyanür dieses mit noch circulirenden Blutgefässen in Berührung kam, nicht er-

reicht. Es hatte vielmehr eine solche Imbibition des Salzes stattgefunden, dass man dasselbe von der Hautwunde aus bis in die Gegend der Unterbindungsstelle nachweisen konnte. Als ich aus demselben Grunde, nachdem ich Cyaneisenkalium unter die Haut des Unterschenkels gebracht hatte, ebenfalls noch nicht die Gewissheit haben konnte, ob Lymph- oder Blutgefässe jene Flüssigkeit resorbirten, so wählte ich nun den Fuss zur Applicationsstelle, indem ich sicher voraussehen konnte, dass hier in dem straff anliegenden Zellgewebe die Imbibition nicht so leicht, wenigstens nicht in dem Grade stattfinden konnte, wie vom Unter- oder Oberschenkel aus. Indessen jetzt fand gar keine Resorption statt, obgleich die Thiere 10—12 Stunden nach der Operation lebten, und der Urin stündlich untersucht wurde. Ich konnte somit auf diese Weise nicht zu einem entscheidenden Resultate gelangen; denn wenn es auch auffallend war, dass das Cyaneisenkalium später oder gar nicht resorbirt wurde, je weiter entfernt von der Unterbindungsstelle man es unter die Haut brachte, so konnte mir immerhin der Einwurf, welchen Bischoff anführt, gemacht werden, es seien am Fusse eines Kaninchens so wenig Lymphgefässe, dass in Folge dessen von dort aus, wenn die Aorta unterbunden ist, nicht gut Resorption stattfinden könnte. Dieser, wenn auch wenig begründete Einwurf musste beseitigt werden, und ich sann auf ein Mittel, entweder die Imbibition oder deren Folgen zu verhindern.

Zuerst versuchte ich das letztere, indem ich die Aorta höher, $^1/_2$'' oberhalb der Artt. renales unterband, wodurch, wenn auch die Flüssigkeit sich ausbreitete, dieselbe nicht so leicht, wie das früher der Fall war, mit Blutgefässen in Berührung kam, die oberhalb der Unterbindungsstelle abgingen. Alsdann brachte ich die Solution von Kaliumeisencyanür unter die Haut des Oberschenkels. In den 12 Experimenten, welche ich auf diese Art ausführte, konnte ich nur ein einziges Mal die Resorption im Blute nachweisen und dieser Fall war ein solcher, in welchem mehr als gewöhnlich von dem Cyaneisenkalium verbraucht worden war, in Folge dessen eine derartige Imbibition stattgefunden hatte, dass, wie es sich bei der Section zeigte, die Aussenfläche der Blase und die Mm. psoas auf Zusatz von Eisenchlorid blau gefärbt wurden. Da nach dieser Operation die Thiere nur 4—6 St. lebten, und da sie sich nie so von derselben erholten, wie es bei den Thieren der Fall war, wo die Aorta unterhalb dem Abgange der Nierenarterien unterbunden wurde, so konnten diese Versuche allein zu keinem sichern Resultate führen.

Ich unterband die Aorta wieder an der frühern Stelle unterhalb der Artt. renales, und versuchte nun der zu grossen Ausbreitung von Cyaneisenkalium dadurch zu entgehen, dass ich dasselbe statt in Solution, in Pulverform unter die Haut applicirte. Vorher hatte ich mich bei einem Kaninchen, dem die Aorta nicht unterbunden war, davon überzeugt, dass das Cyaneisenkalium in Substanz ebensogut, wie in Solution, nur etwa 5—10 Minuten später, absorbirt wurde. Doch auch hierdurch vermochte ich der Imbibition der Gewebe nicht Einhalt zu thun; sie war zwar geringer, wie wenn ich das Salz in Solution gebrauchte, aber sie war doch vorhanden, und zwar meist in einer solchen Ausdehnung, dass ich nicht mit Bestimmtheit sagen konnte, es sei unmöglich, dass das Cyaneisenkalium mit Blutgefässen in Berührung kam, die oberhalb der Unterbindungsstelle der Aorta entsprangen.

Was ich aber in den früheren Versuchen beobachtete, bemerkte ich auch in diesen, nämlich dass die Resorption später, oder gar nicht erfolgte, je weiter entfernt das Kaliumeisencyanür von der Unterbindungsstelle der Aorta unter die Haut gebracht wurde. Denn wurde es am obersten Theile des Oberschenkels unter die Haut applicirt, so erfolgte Reaction im Urine nach 1—3 Stunden, wenn am untern Ende des Oberschenkels nach 2—4 Stunden, wenn unter die des Unterschenkels nach 4—10 Stunden, und niemals bis zum Tode der Thiere, der in 12—14 Stunden erfolgte, wenn es unter die Haut des Fusses gebracht wurde.

Folgender Umstand veranlasste mich, noch andere Experimente anzustellen. Bei der Section der Thiere gab ich, wie schon bemerkt, immer auf die mechanische Ausbreitung des Cyaneisenkaliums unter der Haut Acht. Ich fand hierbei fast immer, dass alsdann zwischen den Muskeln im Verlauf einer Vene die Ausbreitung höher hinaufreichte, als an benachbarten Stellen, und dass bei Zusatz von Eisenchlorid, die Reaction nicht sogleich, sondern erst nach 20—30 Sekunden einzutreten pflegte. Diese Erscheinung konnte, wie mir schien, entweder von den Venen selbst, oder von den, die Venen begleitenden Lymphgefässen herrühren, indem zwischen dem Inhalte beider Gefässe einerseits, und der sie umgebenden Flüssigkeit andererseits eine Endo- und Exosmose stattfinden musste, ehe die blaue Färbung sich zeigte. Zuerst glaubte ich, die Venen aspirirten durch die Saugkraft des Herzens das Cyaneisenkalium, nachdem dasselbe die Venenwände durchdrungen und in den Venen, als einer capillaren Röhre bis zu einer gewissen Grenze in die Höhe gestiegen war.

Ich unterband daher gleichzeitig mit der Aorta auch die Vena abdominalis in gleicher Höhe, unterhalb der Artt. renales. In den 12 Experimenten, welche ich auf diese Art anstellte, erfolgte die Resorption des Kaliumeisencyanür in Pulverform vom Oberschenkel aus in 2—3 Stunden, vom obern Theile des Unterschenkels aus in $2^1/_2$—$5^3/_4$ Stunden und vom untern Theile desselben oder vom Fusse noch nicht nach 8—12 St. bis zu dem Tode der Thiere. Da auch diese Versuche zu keinem entscheidenden Resultate führten, versuchte ich es, gleichzeitig mit der Aorta und Vena abdominalis auch sämmtliche Lymphgefässe in der Bauchhöhle, die von den untern Extremitäten kommen mit zu unterbinden. Diesem Zwecke glaubte ich dadurch zu entsprechen, dass, nachdem Aorta und Vena abdominalis zwei Mal unterbunden und zwischen den Ligaturen durchschnitten waren, ich ebenfalls die Muscll. psoas, auf denen die Lymphgefässe liegen, zwei Mal umstach, die Ureteren dabei intact liess, und dann zwischen den Ligaturen dieselben bis zur Wirbelsäule durchschnitt, worauf die Bauchwunde wieder zugenäht wurde. Dann brachte ich Cyaneisenkalium in Pulverform unter die Haut in der Mitte des Oberschenkels, und untersuchte hierauf halbstündlich den Urin. Derselbe reagirte nach $2^1/_2$ Stunden ganz deutlich auf Cyaneisenkalium. Applicirte ich dasselbe, nachdem an einem andern Thiere dieselbe Operation gemacht war, unter die Haut des Unterschenkels, so fand sich zwei Mal Reaction in 4 und 7 Stunden im Urin und drei Mal noch nicht nach 6, 7 und 9 Stunden, bis zu dem eintretenden Tode der Thiere. Liess ich die Vena abdominalis unversehrt und verfuhr sonst wie oben, so zeigte sich in drei Versuchen, welche ich auf diese Art anstellte, dass das Kaliumeisencyanür in Substanz vom Unterschenkel aus in $2^1/_2$, 10 und 12 St. resorbirt wurde. Nachdem ich nun gesehen, dass trotz der Unterbindung und Durchschneidung der Lymph- und grossen Blutgefässe in der Bauchhöhle das Kaliumeisencyanür resorbirt wurde, musste ich nothwendig auf den Gedanken kommen, dass nur die Blutgefässe durch Bildung von Anastomosen das Kaliumeisencyanür aufsaugten. Sämmtliche bis dahin gemachten Experimente sprachen für diese Ansicht und besonders findet dieselbe eine Stütze in der anatomischen Lage der Gefässe, indem die untersten Intercostalarterien, die nicht von der Unterbindung der Aorta mit betroffen werden, eine sehr schräge Richtung gegen die untern Extremitäten hin nehmen.

War es somit nicht möglich, dass nach einer Unterbindung der Aorta das Blut sich durch Anastomosen einen Weg nach

dem Ober- resp. Unterschenkel bahnte, und konnte nicht, wenn auch die Wiederherstellung der Circulation zu diesen Theilen nur eine sehr unvollständige war, dieselbe genügen, um einen Theil des unter der Haut soweit verbreiteten Kaliumeisencyanürs zu resorbiren? Die Versuche mussten diese Ansicht bestätigen. Ich gab mir daher zuerst Rechenschaft darüber, welches wohl die Anastomosen sein könnten. Da waren die Art. epigastrica mit der Mammaria, die untersten Artt. intercost. mit der Circumflexa ileum, und, was aber weniger wahrscheinlich war, die Artt. spinales.

Um nun das Zustandekommen dieser möglichen Anastomosen zu hindern, verfuhr ich folgendermassen: Statt wie früher bei der Unterbindung der Aorta den Bauchschnitt längs der Linea alba zu führen, machte ich denselben bei einem stark ätherisirten Kaninchen der Quere nach dicht unter den untersten Rippen, und dilatirte ihn dann bis zur Wirbelsäule auf beiden Seiten. Die Muscll. psoas blieben hierbei allein unversehrt, indessen wurden die oben genannten Arterien bei diesem Verfahren durchschnitten. Nun unterband ich die Aorta unterhalb der Nierenarterien, vereinigte die grosse Bauchwunde auf das sorgfältigste, und brachte dann das Kaliumeisencyanür in Substanz unter die Haut des Unterschenkels. (Die Thiere vertragen die etwas grausame Operation fast ebenso gut, wie die früheren und leben nach derselben fast eben so lange.) Unmittelbar hierauf nahm ich ein zweites gleich grosses Kaninchen, und verfuhr bei diesem des Vergleiches halber, wie bei den frühern Versuchen, indem ich den Bauchschnitt längs der Linea alba führte. Auch diesem brachte ich hierauf ebenso viel Kaliumeisencyanür in Substanz unter die Haut an dieselbe Stelle des Unterschenkels wie bei dem vorhergehenden. Beide Thiere beobachtete ich bis zu ihrem Tode. Das zuerst operirte Kaninchen lebte 10 Stunden, und der anfangs halbstündlich, später stündlich durch Druck auf die Blase entleerte Urin zeigte bei Zusatz von Eisenchlorid niemals die geringsten Spuren von Cyaneisenkalium. Dagegen waren dieselben unverkennbar bei dem zweiten Kaninchen 4 Stunden nach der zweiten Operation zu beobachten. Die Section ergab, dass bei beiden Thieren die Aorta an ein und derselben Stelle unterbunden, dass ferner die Nieren und die Blase bei dem ersten Kaninchen gar nicht, bei dem zweiten die Nieren schwach, der Inhalt der Blase stark auf Kaliumeisencyanür reagirten. Diese Versuche wiederholte ich oft mit demselben Resultate, und wenn ich statt des Unterschenkels den Oberschenkel zur Applicationsstelle des Kalium-

eisencyanürs wählte, so änderte sich das Resultat nur insofern, als bei den Thieren, wo ich durch einen Längsschnitt die Bauchhöhle geöffnet hatte, die Resorption schneller erfolgte. Selbst wenn ich die, wegen der zu grossen Ausbreitung bis dahin vermiedene Solution statt der Pulverform des Kaliumeisencyanürs unter die Haut des Oberschenkels brachte, so trat keine Resorption ein, sobald der Bauchschnitt bei Unterbindung der Aorta in der Quere geführt, mit andern Worten, sobald die Anastomosen zerstört waren. Jedoch erfordern namentlich diese letzten Versuche grosse Vorsicht, um nicht zu einem trügerischen Schlusse veranlasst zu werden. Denn bei der Section solcher Thiere fand ich oft, dass sich die Solution von Kaliumeisencyanür wieder sehr unter der Haut ausgebreitet hatte, und zwar so stark, dass dieselbe beinahe die Bauchwunde erreichte, wodurch, hätte man das nicht untersucht und wäre Resorption durch den Contact der Flüssigkeit mit noch circulirenden Blutgefässen eingetreten, man geglaubt hätte, dass die Lymphgefässe das Kaliumeisencyanür resorbirten.

Nachdem ich nun die Bedingungen festgestellt hatte, unter denen Kaliumeisencyanür nach Unterbindung der Aorta abdominalis von den untern Extremitäten aus resorbirt wird, ging ich zu den Versuchen mit Strychnin. nitr. über. Es verhält sich hiermit ganz ebenso. Wird die Aorta unterhalb der Nierenarterien unterbunden, und werden die anastomosirenden Gefässe auf die angegebene Weise zerstört, so bringen 10—12 Tropfen einer concentrirten Strychninlösung, wenn sie am Oberschenkel unter die Haut gebracht werden, keine Krämpfe hervor und die Thiere sterben an den Folgen der Operation nach 10—12 Stunden. Anders ist es dagegen wenn der Bauchschnitt längs der linea alba ohne Zerstörung der anastomosirenden Gefässe gemacht und ebensoviele Tropfen derselben Strychninlösung an dieselbe Stelle des Oberschenkels unter die Haut gebracht werden. Der Tod erfolgt dann nach $^1/_2$—$1^1/_2$ Stunden unter den heftigsten Krämpfen.

Es ist indessen auffallend, dass Strychnin nach Unterbindung der Aorta ohne gleichzeitige Zerstörung der anastomosirenden Gefässe vom Unterschenkel aus immer später resorbirt wird, als Kaliumeisencyanür unter denselben Bedingungen, während vom Oberschenkel aus die Resorption beider Substanzen gleich schnell erfolgt. Wird z. B. die aorta in der gewohnten Weise unterbunden, ohne die anastomosirenden Gefässe zu durchschneiden, und bringt man dann unter die

Haut des einen Unterschenkels 15 Tropfen einer Strychninlösung, unter die Haut des andern Unterschenkels in gleicher Höhe 15 Tropfen einer Kaliumeisencyanürlösung, so wird letztere viel schneller resorbirt, als die erstere, ja es erfolgt von dieser mitunter die Resorption gar nicht, und das Thier stirbt nicht an Krämpfen.

Eine Ursache dieser Erscheinung glaubte ich darin zu finden, dass eine Kaliumeisencyanürlösung leichter die Gewebe durchfeuchtet, als eine Strychninlösung. Indessen bestätigten die Versuche, die ich hierüber anstellte diese Ansicht nicht. Denn bringt man ein Haarröhrchen, oder einen langen Streifen Filtrirpapier mit einem Ende in eine Solution von Kaliumeisencyanür, so steigt diese Flüssigkeit in dem Röhrchen und an dem Papiere ebenso schnell und ebenso hoch, wie eine Strychninlösung, worüber die chemische Reaction, von der ich weiter unten sprechen will, Aufschluss giebt. In einem andern Versuche brachte ich einem eben getödteten Kaninchen unter die Haut des einen Unterschenkels an die Aussenseite 15 Tropfen einer Kaliumeisencyanürlösung, und unter die Haut des andern Unterschenkels in gleicher Höhe und an derselben Seite ebensoviel einer Strychninlösung. Das Thier wurde auf den Bauch gelegt und die Hinterbeine so gelagert, dass ihre betreffenden Hautwunden nach aussen und oben sahen. Nach Verlauf von $2^1/_2$ Stunden zog ich die Haut des Thieres von der Mitte der Körpers nach unten resp. hinten zu ab, und untersuchte nun von oben anfangend zuerst das Bein, wo Kaliumeisencyanür eingeführt war, indem ich mit einem Glasstabe, der in Eisenchlorid getaucht war Stelle für Stelle berührte. Im obern Drittel des Oberschenkels begann die Reaction auf Kaliumeisencyanür, jedoch nur der dort auf der Aussenseite liegenden Venen. Es erfolgte diese Reaction nicht augenblicklich bei Zusatz von Eisenchlorid, sondern erst nach einigen Sekunden, so dass man mit Recht annehmen konnte, dass die Venen Kaliumeisencyanür enthielten, und dass erst eine Endo- und Exosmose stattfinden musste, bevor Reaction eintrat. Von dieser Stelle abwärts nahm die Reaction immer mehr zu und dehnte sich allmählich auch in die Breite aus, so dass auch die Muskeln und das Zellgewebe auf Kaliumeisencyanür reagirten. Um an dem andern Beine die Ausdehnung der Strychninlösung, sowie das Aufsteigen derselben in den Venen vorher zu ermitteln, verfuhr ich folgendermassen: Ich schnitt ein Stückchen Vene aus, und zwar an der Stelle, wo an derselben Vene des andern Beines die Reaction auf Kaliumeisencyanür von oben anfing. Dies kleine

Stückchen brachte ich auf ein Porzellanschälchen, und setzte dann einige Tropfen kochenden Wassers zu, worauf ich, nachdem dieses Wasser einige Sekunden mit dem Venenstückchen in Berührung gewesen war, letzteres entfernte. Die zurückbleibenden 3—4 Tropfen Flüssigkeit verdampfte ich bei ziemlich gelinder Wärme, und setzte dann, nachdem das Gefäss abgekühlt war, einen kleinen Tropfen concentrirter Schwefelsäure, und dann einen Tropfen 2fach chromsauren Kali's zu, worauf ein intensiv rother Fleck, namentlich an den Stellen, wo die Salzwände hafteten, sich bildete, der aber bald wieder verschwand, indessen die Gegenwart von Strychnin in der eingedampften Flüssigkeit deutlich nachwies. Dies von dem Engländer Thompson angegebene Verfahren*) lässt noch ein $^1/_{60000}$ Gr. Strychnin erkennen. Ebenso verfuhr ich bei der Untersuchung des benachbarten Zellgewebes, in welchem ich überall da Strychnin entdeckte, wo ich auf der entsprechenden Seite des andern Beines Kaliumeisencyanür gefunden hatte. Ich konnte somit auf diese Art obige Erscheinung, nämlich dass Kaliumeisencyanür vom Unterschenkel aus nach Unterbindung der Aorta, ohne Zerstörung der Anastomosen viel schneller, als Strychnin resorbirt wird, nicht erklären. Worin der Grund für diese Erscheinung zu suchen ist, ob in der grössern Verwandtschaft des Blutlaugensalzes zu dem Blute wegen dessen Eisengehaltes, oder in andern chemisch-physikalischen Gesetzen, das muss ich fernern Untersuchungen anheim stellen. Keinesfalls aber scheint mir diese Beobachtung ein Gegenbeweis obiger Ansicht zu sein, nämlich dass eine Strychninlösung, so gut wie eine Kaliumeisencyanürlösung, nach Unterbindung der Aorta, nie durch Lymphgefässe resorbirt wird, sondern immer nur durch Blutgefässe.

Ich komme auf die Versuche von Bischoff und Henle zurück. Beide Physiologen stimmen darin überein, dass die Lymphgefässe nach Unterbindung der Aorta Kaliumeisencyanür resorbiren. Bei ihren Versuchen bedienten sich dieselben grosser Mengen einer Solution (60—100 Tr.). Mir war es unmöglich so viel bei einem Thiere zu verbrauchen, wollte ich nicht die Haut auf grosse Strecken unterminiren, was ich wegen der ohnehin so leichten Imbibition der Gewebe immer vermied. Dieselbe muss daher in einem viel höhern Grade in den Versuchen von Henle und Bischoff, als in den meinigen stattgefunden haben. Denn bringt man bei

*) Liebig'scher Jahresbericht 1850 p. 617.

einem eben getödteten Kaninchen 60—100 Tropfen unter die Haut des Rückens, so findet man nach wenigen Stunden die entsprechende Innenfläche der Bauchhöhle, so wie verschiedene benachbarte Organe in der Bauchhöhle auf Kaliumeisencyanür reagiren.

Um vollends die Gegenwart der oben genannten Anastomosen nachzuweisen, versuchte ich bei einem Kaninchen die Gefässe von dem Bulbus aortae aus mit der sehr feinen Masse, welche E. H. Weber angiebt, zu injiciren. Es ist dies wegen der so sehr kleinen Gefässe bei einem Kaninchen schwieriger, wie ich anfangs glaubte, und es missglückte mir fast jedesmal die Injection so darzustellen, dass ich die betreffenden Arterien präpariren konnte. Einmal nur ist es mir gelungen, die Arterien mit jener Injectionsmasse so anzufüllen, dass ich deutlich die Verbindung der Art. epigastrica mit der Art. mammaria, so wie die der untersten Art. intercost. mit der Circumflexa ilium nachweisen konnte, und ich habe dieses Präparat dem Herrn Prof. Budge, sowie dem Herrn Prosector Dr. Sommer gezeigt, welche sich ebenfalls von der Richtigkeit überzeugten. Später fand ich zufällig, dass man sich auch ohne Injection von der Gegenwart jener Anastomosen überzeugen kann. Man braucht nur die Bauchmuskeln gegen das Licht zu halten, um mit blossen Augen diese Gefässe sehen zu können.

Ich glaube durch diese Versuche den Beweis geliefert zu haben, dass die Lymphgefässe nach Unterbindung der Aorta nicht resorbiren, sondern dass überall da, wo Resorption erfolgt, dieselbe durch Blutgefässe möglich gemacht wurde, die oberhalb der Unterbindungstelle abgingen, und so weit nach unten herabreichten, dass sie mit der nach oben mechanisch sich ausbreitenden Flüssigkeit in Berührung kamen. Es sei hiermit nicht gesagt, dass die Lymphgefässe überhaupt nicht resorbiren, sondern ich habe nur gezeigt, dass die Beweise, welche man für die Resorptionsthätigkeit der Lymphgefässe anführte, keine Beweise mehr sind.

Beiträge zur Druckempfindlichkeit der Haut.

Von

Privatdocenten Dr. **R. Dohrn** in Kiel.

Vor einem Jahre besprach ich in meiner Inauguraldissertation die Fähigkeit verschiedener Hautstellen, Gewichtsunterschiede zu beurtheilen. Seither habe ich die damals begonnenen Versuche mehrfach erweitert, glaube es daher gerechtfertigt, wenn ich noch einmal auf diesen Gegenstand zurückkomme.

Seit Weber ist in diesem Gebiete wenig gethan worden. Die Kammler'sche Arbeit*) ergiebt für die Frage nach der Feinheit der Druckempfindlichkeit verschiedener Hautstellen wenig Entscheidendes. Abgesehen von dem Missverständniss der Meissner'schen Ansicht**), zu deren Widerlegung die Versuche von Kammler unternommen wurden, so ist seine ganze Untersuchungsmethode mehr geeignet, den hindernden Einfluss der Dicke und Elasticität der Epidermis für die Druckempfindlichkeit zur Anschauung zu bringen, als über die Druckempfindlichkeit selbst bestimmte Resultate zu ergeben. Ungleich belangreicher für die Entscheidung unserer Frage sind ohne Zweifel die neuerdings von Fechner***) gegebenen Thatsachen. Mit überzeugender Klarheit hat Fechner die Nothwendigkeit einer ganz bestimmt geordneten Untersuchungsreihe erwiesen und zugleich eine erschöpfende Darlegung der Cautelen gegeben, deren Beobachtung bei unseren Versuchen ganz besonders erforderlich ist. Gleichwohl liegen

---

*) Experimenta de variarum cutis regionum minima pondera sentiendi virtute. Vratisl. 1858.

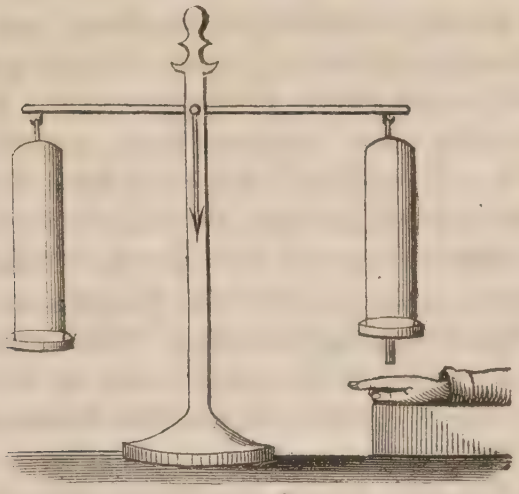
**) Diese Zeitschr. 3. R. VII, 1. pag. 95.

***) Elemente der Psychophysik. Leipzig 1860.

die von Fechner auf experimentellem Wege erhaltenen Resultate unserer Aufgabe deshalb mehr fern, weil die Versuche nicht allein den Drucksinn betrafen, sondern auch das Muskelgefühl zugleich umfassten. Es hält ausserordentlich schwer, für Untersuchungen über die Feinheit des Drucksinns eine durchweg genügende Methode zu finden; eine jede schliesst mehr oder weniger Fehlerquellen in sich, die erst durch eine sehr grosse, die Zeit eines Einzelnen völlig ausfüllende Zahl von Versuchen auf ein verschwindend kleines Mass reducirt werden können. Die von Fechner als „Methode der eben merklichen Unterschiede" bezeichnete Untersuchungsweise wird am ersten geeignet sein, vor der Hand zu allgemeinen Resultaten zu führen, welche letzteren indess erst dann auf im Speciellen gültige Gesetze hinleiten können, wenn die Versuche nicht bloss bei Einzelnen nach verschiedenen Methoden, sondern auch bei Verschiedenen nach denselben Methoden öfter wiederholt sein werden.

E. H. Weber gab zuerst an, dass man die Feinheit der Druckempfindlichkeit entweder durch gleichzeitiges Auflegen von Gewichten auf verschiedene Hautstellen oder durch zeitlich nachfolgendes Auflegen von Gewichten auf dieselbe Hautstelle prüfen könne. Er erklärt die letztere Methode für die vorzüglichere, da sie feinere Resultate ergebe, hat sich indess bei seinen Versuchen nur zum kleineren Theil derselben bedient. Ein Hauptübelstand, an dem dies letztere Verfahren leidet, ist der, dass sich mit dem Verstreichen eines längeren Zeitraumes zwischen dem Auflegen zweier Gewichte die Erinnerung abschwächt und dass es schwer hält, diesen Zeitraum in allen Fällen genau gleich zu machen. Auch ist es nicht unwahrscheinlich, dass, namentlich wenn man mit kleineren Gewichten operirt, die ihrem Werthe nach schwer messbare Elasticität jeder Hautstelle den Beobachtungsfehler, welchen eine, wenngleich gering verschiedene Zeitdauer zwischen zwei Druckeinwirkungen herbeizuführen vermag, noch vergrössern wird, da der völlig gleiche Widerstand der Haut gegen die Druckwirkung des aufgelegten Gewichts, welcher erforderlich ist, um dieses seinem Werthe nach nicht zu verändern, ein verschiedener wird, je nachdem bereits eine Ausgleichung der Elasticität erfolgt ist, oder nicht. Diesen Uebelständen glaube ich durch die Anwendung eines constanten Druckes einigermassen vorgebeugt zu haben. Ich wählte dazu den Werth von 1 Grm., und stellte nun die Frage: eine wie geringe Veränderung dieser Gewichtsgrösse bin ich an jeder Hautstelle zu erkennen, im Stande?

Um die Gewichte auf die Haut herabzulassen, habe ich mich (nach Vorschlag des Herrn Prof. Panum, welcher mich bei diesen Versuchen auf das Dankenswertheste unterstützte) der Waage bedient. Die Einrichtung derselben war folgende:



Unterhalb der Schale der einen Seite war ein Metallstäbchen von 1‴ Querschnitt angebracht, dessen Ränder ich, um ein Einschneiden in die Haut zu verhüten, etwas hätte abglätten lassen. Durch geeignete Belastung der Waage wurde nun dafür gesorgt, dass das Metallstäbchen mit dem Gewicht von 1 Grm. der Haut auflag, dieser Druckwerth wechselnd um gewisse Bruchtheile verändert und die Veränderung so lange fortgesetzt, bis der eben merkliche Gewichtsunterschied als sicher ergründet angenommen werden konnte. Ich wählte den Querschnitt des Metallstäbchens absichtlich so klein, um mit einiger Genauigkeit stets dieselben Hautstellen der Druckwirkung unterwerfen zu können und sorgte durch Bezeichnung der Hautstelle mit Dinte dafür, dass das Stäbchen stets auf denselben Punkt wieder herabgelassen wurde, wenn es sich in Folge einer zufälligen Störung von der Haut entfernt haben sollte; andererseits hielt ich eine Querschnittsgrösse von 1‴ für genügend, um nicht in die Haut einzuschneiden und durch Erregung des Gemeingefühls die Druckempfindlichkeit zu beeinträchtigen. Der Gleichmässigkeit wegen wäre es mir sehr erwünscht gewesen, wenn der Druckwerth von 1 Grm. stets um dieselben Bruchtheile auf- oder absteigend für jeden einzelnen Versuch hätte verändert werden können, doch wurde dies oft durch die erforderliche Combination von kleineren Gewichten zu einem einzigen grösseren verhindert, und diesem Umstande ist es zuzuschreiben, dass in den unten folgenden Tabellen die Grenzen zwischen den

erkannten und nicht erkannten Gewichtsunterschieden nicht immer gleich weit gesteckt sind.

Durch die Anwendung der Waage glaube ich einmal ein völlig · perpendikuläres Herabsinken des Druckgewichts auf die untersuchte Hautstelle erzielt, andrerseits den bereits von Meissner betonten, störenden Einfluss der Schwankungen des Drucks etwas eliminirt zu haben. Völlig genügend gelingt dies auch bei Benutzung der Waage nicht, doch wird ohne Zweifel die Störung noch beträchtlicher ausfallen, wenn man, wie Kammler dies gethan, die an Fäden aufgehängten Gewichte mittelst der Hand auf die Haut herablassen wollte; nur wird sich dieser Umstand dort weniger bemerklich machen, weil die Schwankungen nicht so leicht, wie an einem Waagebalken, in die Augen springen werden. Die Gewichtsdifferenzen, welche die Haut empfindet, sind aber an einzelnen Stellen so klein, dass die bei vorsichtiger Handhabung einer Waage von mittlerer Empfindlichkeit entstehenden unvermeidlichen Schwankungen häufig ihrem Werthe nach grösser ausfallen, als die Gewichtsdifferenzen selbst. Nur durch eine aufmerksame und gewissenhafte Beobachtung lassen sich die zahlreichen Fehler, welche aus diesem Umstande entspringen können, fernhalten.

Dass mir ein Anderer bei den Versuchen behülflich war, sowie, dass für eine passende Unterstützung des untersuchten Theils, um das Muskelgefühl ausser Spiel zu halten, gesorgt wurde, brauche ich nicht zu erwähnen. Auch liess ich es mir angelegen sein, die Versuche, wo möglich, stets zu denselben Tageszeiten und unter denselben äusseren Bedingungen anzustellen und umfasst jede der folgenden Tabellen eine Reihe von Versuchen, die an unmittelbar einander folgenden Tagen vorgenommen wurden. Die untersuchten Hautstellen gehören sämmtlich, wo sie nicht in die Mittellinie übergreifen, der rechten Körperseite an. Nur wenig habe ich die Temperatur der drückenden Oberfläche berücksichtigen können, halte dies indess bei dem geringen Querschnitte des von mir benutzten Metallstäbchens nicht für belangreich. Die Beobachtungen wurden alle bei gewöhnlicher Zimmertemperatur gemacht. Eine besondere Sorgfalt erforderte es ferner, an jeder Hautstelle die Versuche nicht bis zur Ermüdung fortzusetzen. Dehnten sich daher die Versuche für einzelne Stellen so lange aus, dass eintretende Ermüdung befürchtet werden musste, ohne dass ein bestimmtes Resultat erhalten war, so wurden diese an den folgenden Tagen aufs Neue wiederholt. Die folgenden Zahlen stellen das Mittel aus einer Reihe der

für jede Hautstelle gefundenen Zahlwerthe dar, namentlich ist in den letzten Tabellen jeder einzelne Werth aus zahlreichen Resultaten, die durch Versuche in ab- wie aufsteigender Reihenfolge, sowie durch spätere Controlversuche erhalten wurden, componirt. Das Zeichen + bedeutet die empfundene Gewichtsdifferenz, — die nicht empfundene. Wo man die Grenze des deutlichen Empfindens setzen will, bleibt freilich von vorn herein dem subjectiven Gutdünken überlassen, doch kömmt es, da es sich nur um die Feststellung der relativen Empfindlichkeit verschiedener Hautstellen handelt, nur wesentlich darauf an, bei jeder Stelle völlig denselben Massstab anzulegen und habe ich die Gewichtsdifferenz als empfunden bezeichnet, bei welcher ich mich in gegen 10 einander folgenden Bestimmungen nicht ein einziges Mal täuschte.

Die beiden zunächst folgenden Tabellen, welche ausführlicher nur die obere Extremität betreffen, sind bereits in meiner Dissertation wiedergegeben worden, doch stelle ich sie hier zur besseren Uebersicht und Vergleichung mit den späteren zusammen.

I. Tabelle.

Untersuchte Hautstelle.	Anfangsdruck.	Angabe der Gewichtsgr. (in Grm.), um welche der Anfangsdruck erniedrigt werden musste, damit die Veränderung empfunden wurde.
3. Phalanx des Zeigefingers, dorsum	1 Grm.	0,03 + 0,02 —
2. Phalanx des Zeigefingers, dorsum	1 „	0,2 + 0,1 —
1. Phalanx des Zeigefingers, dorsum	1 „	0,7 + 0,6 —
3. Phalanx des Zeigefingers, vola	1 „	0,03 + 0,02 —
2. Phalanx des Zeigefingers, vola	1 „	0,3 + 0,25 —

Untersuchte Hautstelle.	Anfangs-druck.	Angabe der Gewichtsgr. (in Grm.), um welche der Anfangsdruck erniedrigt werden musste, damit die Veränderung empfunden wurde.
1. Phalanx des Zeigefingers, vola	1 Grm.	0,3 + 0,25 —
3. Phalanx des Mittelfingers, dorsum	1 „	0,45 + 0,4 —
2. Phalanx des Mittelfingers, dorsum	1 „	0,55 + 0,5 —
1. Phalanx des Mittelfingers, dorsum	1 „	0,5 + 0,45 —
3. Phalanx des Mittelfingers, vola	1 „	0,35 + 0,3 —
2. Phalanx des Mittelfingers, vola	1 „	0,5 + 0,45 —
1. Phalanx des Mittelfingers, vola	1 „	0,55 + 0,5 —
3. Phalanx des Ringfingers, dorsum	1 „	0,4 + 0,35 —
2. Phalanx des Ringfingers, dorsum	1 „	0,1 + 0,07 —
1. Phalanx des Ringfingers, dorsum	1 „	0,25 + 0,2 —
3. Phalanx des Ringfingers, vola	1 „	0,03 + 0,02 —
2. Phalanx des Ringfingers, vola	1 „	0,2 + 0,1 —

Untersuchte Hautstelle.	Anfangs-druck.	Angabe der Gewichtsgr. (in Grm.), um welche der Anfangsdruck erniedrigt werden musste, damit die Veränderung empfunden wurde.
1. Phalanx des Ringfingers, vola	1 Grm.	0,2 + 0,15 —
3. Phalanx des kleinen Fingers, dorsum	1 „	0,5 + 0,45 —
2. Phalanx des kleinen Fingers, dorsum	1 „	0,6 + 0,55 —
1. Phalanx des kleinen Fingers, dorsum	1 „	0,65 + 0,6 —
3. Phalanx des kleinen Fingers, vola	1 „	0,25 + 0,2 —
2. Phalanx des kleinen Fingers, vola	1 „	0,4 + 0,35 —
1. Phalanx des kleinen Fingers, vola	1 „	0,9 + 0,8 —
Nagelglied des Daumens, dorsum	1 „	0,3 + 0,25 —
1. Phalanx des Daumens, dorsum	1 „	0,35 + 0,3 —
Nagelglied des Daumens, vola	1 „	0,6 + 0,55 —
1. Phalanx des Daumens, vola	1 „	0,4 + 0,35 —
Mitte zwischen 1. u. 2. Metakarpalknochen, dorsum	1 „	0,65 + 0,6 —

Untersuchte Hautstelle.	Anfangsdruck.	Angabe der Gewichtsgr. (in Grm.), um welche der Anfangsdruck erniedrigt werden musste, damit die Veränderung empfunden wurde.
Mitte zwischen 2. u. 3. Metakarpalknochen, dorsum	1 Grm.	0,75 + 0,7 —
Mitte zwischen 3. u. 4. Metakarpalknochen, dorsum	1 „	0,7 + 0,65 —
Mitte zwischen 4. u. 5. Metakarpalknochen, dorsum	1 „	0,7 + 0,65 —
Ueber der Basis des 2. Metakarpalknochens, dorsum	1 „	0,7 + 0,65 —
Ueber der Basis des 3. Metakarpalknochens, dorsum	1 „	0,65 + 0,6 —
Ueber der Basis des 5. Metakarpalknochens, dorsum	1 „	0,85 + 0,8 —
Ueber der Basis der 1. Phalanx des Zeigefingers, vola	1 „	0,55 + 0,5 —
Ueber der Basis der 1. Phalanx des Mittelfingers, vola	1 „	0,4 + 0,35 —
Ueber der Basis der 1. Phalanx des Ringfingers, vola	1 „	0,6 + 0,57 —
Ueber der Basis der 1. Phalanx des kleinen Fingers, vola	1 „	0,52 + 0,5 —
Mitte des Daumenballens	1 „	0,62 + 0,6 —
Mitte zwischen Daumen- und Kleinfingerballen	1 „	0,5 + 0,47 —

Untersuchte Hautstelle.	Anfangsdruck.	Angabe der Gewichtsgr. (in Grm.), um welche der Anfangsdruck erniedrigt werden musste, damit die Veränderung empfunden wurde.
Kleinfingerballen, 1″ vom Handgelenk	1 Grm.	0,6 + 0,57 —
Handgelenk, Radialseite, vola	1 „	0,7 + 0,65 —
Handgelenk, Ulnarseite, vola	1 „	0,55 + 0,5 —
Handgelenk, Ulnarseite, dorsum	1 „	0,72 + 0,7 —
Handgelenk, Radialseite, dorsum	1 „	0,7 + 0,65 —
Grenze zwischen unterem u. mittlerem Dritttheil des Vorderarms, Ulnarseite, dorsum	1 „	0,85 + 0,82 —
Grenze zwischen unterem u. mittlerem Dritttheil des Vorderarms, Radialseite, dorsum	1 „	0,85 + 0,82 —
Grenze zwischen mittlerem und oberem Dritttheil des Vorderarms, Ulnarseite, dorsum	1 „	0,98 + 0,97 —
Grenze zwischen mittlerem und oberem Dritttheil des Vorderarms, Radialseite, dorsum	1 „	0,9 + 0,87 —
Grenze zwischen unterem u. mittlerem Dritttheil des Vorderarms, Radialseite, vola	1 „	0,65 + 0,6 —
Grenze zwischen unterem u. mittlerem Dritttheil des Vorderarms, Ulnarseite, vola	1 „	0,8 + 0,77 —
Grenze zwischen mittlerem und oberem Dritttheil des Vorderarms, Radialseite, vola	1 „	0,77 + 0,75 —

Untersuchte Hautstelle.	Anfangsdruck.	Angabe der Gewichtsgr. (in Grm.), um welche der Anfangsdruck erniedrigt werden musste, damit die Veränderung fühlbar wurde.
Grenze zwischen mittlerem und oberem Dritttheil des Vorderarms, Ulnarseite, vola	1 Grm.	0,8 + 0,75 —
1″ unterhalb des Ellbogens, Radialseite, dorsum	1 ,,	0,85 + 0,8 —
1″ unterhalb des Ellbogens, Ulnarseite, dorsum	1 ,,	0,9 + 0,85 —
1″ unterhalb des Ellbogens, Radialseite, vola	1 ,,	0,95 + 0,9 —
1″ unterhalb des Ellbogens, Ulnarseite, vola	1 ,,	0,99 + 0,98 —

Bei den vorstehenden Versuchen hatte ich die Gewichtsdifferenz durch wiederholte Abnahme eines Bruchtheiles von 1 Grm. erzielt. Nach einigen Vorversuchen, die ich früher angestellt hatte, glaubte ich nicht, dass es nöthig sein würde, den Druck um eine dem ursprünglichen nahe kommende Grösse verändern zu müssen, um an einzelnen Stellen eine deutliche Empfindung davon zu erhalten. Wie die letzten Zahlen der Tabelle beweisen, so hatte ich mich darin getäuscht; so ward in der Nähe des Condyl. intern. nur eine Abnahme des ursprünglichen Gewichts um 0,99 Grm. erkannt, also nur 0,01 Grm. von 1,00 Grm. unterschieden. Ich stellte daher neue Versuche in der Weise an, dass ich zu dem ursprünglichen Druck einen neuen hinzufügte, durch Abnahme kleinerer Gewichte von der dem Messingstäbchen entgegengesetzten Waagschale. Die Resultate derselben ergiebt die folgende Tabelle.

II. Tabelle.

Untersuchte Hautstelle.	Anfangs-druck.	Angabe der Gewichtsgr. (in Grm.), um welche der Anfangsdruck erhöht werden musste, damit die Veränderung fühlbar wurde.
3. Phalanx des Zeigefingers, dorsum	1 Grm.	0,7 + 0,65 —
2. Phalanx des Zeigefingers, dorsum	1 „	0,7 + 0,65 —
1. Phalanx des Zeigefingers, dorsum	1 „	0,8 + 0,75 —
3. Phalanx des Zeigefingers, vola	1 „	0,3 + 0,25 —
2. Phalanx des Zeigefingers, vola	1 „	0,6 + 0,55 —
1. Phalanx des Zeigefingers, vola	1 „	0,65 + 0,6 —
3. Phalanx des Mittelfingers, dorsum	1 „	0,6 + 0,55 —
2. Phalanx des Mittelfingers, dorsum	1 „	0,85 + 0,8 —
1. Phalanx des Mittelfingers, dorsum	1 „	1,1 + 1,0 —
3. Phalanx des Mittelfingers, vola	1 „	0,5 + 0,45 —
2. Phalanx des Mittelfingers, vola	1 „	0,65 + 0,6 —

Untersuchte Hautstelle.	Anfangs-druck.	Angabe der Gewichtsgr. (in Grm.), um welche der Anfangsdruck erhöht werden musste, damit die Veränderung fühlbar wurde.
1. Phalanx des Mittelfingers, vola	1 Grm.	0,72 + 0,7 —
3. Phalanx des Ringfingers, dorsum	1 ,,	0,3 + 0,25 —
2. Phalanx des Ringfingers, dorsum	1 ,,	0,35 + 0,3 —
1. Phalanx des Ringfingers, dorsum	1 ,,	0,55 + 0,5 —
3. Phalanx des Ringfingers, vola	1 ,,	0,2 + 0,15 —
2. Phalanx des Ringfingers, vola	1 ,,	0,55 + 0,5 —
1. Phalanx des Ringfingers, vola	1 ,,	0,6 + 0,55 —
3. Phalanx des kleinen Fingers, dorsum	1 ,,	0,6 + 0,55 —
2. Phalanx des kleinen Fingers, dorsum	1 ,,	0,85 + 0,8 —
1. Phalanx des kleinen Fingers, dorsum	1 ,,	0,85 + 0,8 —
3. Phalanx des kleinen Fingers, vola	1 ,,	0,45 + 0,4 —
2. Phalanx des kleinen Fingers, vola	1 ,,	0,5 + 0,45 —

Untersuchte Hautstelle.	Anfangsdruck.	Angabe der Gewichtsgr. (in Grm.), um welche der Anfangsdruck erhöht werden musste, damit die Veränderung fühlbar wurde.
1. Phalanx des kleinen Fingers, vola	1 Grm.	0,6 + 0,55 —
Nagelglied des Daumens, dorsum	1 „	0,45 + 0,4 —
1. Phalanx des Daumens, dorsum	1 „	0,45 + 0,4 —
Nagelglied des Daumens, vola	1 „	0,55 + 0,5 —
1. Phalanx des Daumens, vola	1 „	0,5 + 0,45 —
Mitte zwischen 1. u. 2. Metakarpalknochen, dorsum	1 „	0,95 + 0,9 —
Mitte zwischen 2. u. 3. Metakarpalknochen, dorsum	1 „	0,85 + 0,8 —
Mitte zwischen 3. u. 4. Metakarpalknochen, dorsum	1 „	1,5 + 1,0 —
Mitte zwischen 4. u. 5. Metakarpalknochen, dorsum	1 „	1,0 + 0,95 —
Ueber der Basis des 2. Metakarpalknochens, dorsum	1 „	0,85 + 0,8 —
Ueber der Basis des 3. Metakarpalknochens, dorsum	1 „	0,9 + 0,85 —
Ueber der Basis des 5. Metakarpalknochens, dorsum	1 „	0,9 + 0,85 —

Untersuchte Hautstelle.	Anfangs-druck.	Angabe der Gewichtsgr. (in Grm.), um welche der Anfangsdruck erhöht werden musste, damit die Veränderung fühlbar wurde.
Ueber der Basis der 1. Phalanx des Zeigefingers, vola	1 Grm.	0,65 + 0,6 —
Ueber der Basis der 1. Phalanx des Mittelfingers, vola	1 „	0,65 + 0,6 —
Ueber der Basis der 1. Phalanx des Ringfingers, vola	1 „	0,75 + 0,7 —
Ueber der Basis der 1. Phalanx des kleinen Fingers, vola	1 „	0,87 + 0,85 —
Mitte des Daumenballens	1 „	0,95 + 0,9 —
Mitte zwischen Daumen- und Kleinfingerballen	1 „	0,75 + 0,7 —
Kleinfingerballen, 1″ vom Handgelenk	1 „	0,8 + 0,75 —
Handgelenk, Radialseite, vola	1 „	1,2 + 1,1 —
Handgelenk, Ulnarseite, vola	1 „	1,0 + 0,95 —
Handgelenk, Radialseite, dorsum	1 „	1,2 + 1,1 —
Handgelenk, Ulnarseite, dorsum	1 „	1,2 + 1,1 —
Grenze zwischen unterem u. mittlerem Dritttheil des Vorderarms, Ulnarseite, dorsum	1 „	1,5 + 1,4 —

Untersuchte Hautstelle.	Anfangs-druck.	Angabe der Gewichtsgr. (in Grm), um welche der Anfangsdruck erhöht werden musste, damit die Veränderung fühlbar wurde.
Grenze zwischen unterem u. mittlerem Dritttheil des Vorderarms, Radialseite, dorsum	1 Grm.	1,4 + 1,3 —
Grenze zwischen mittlerem und oberem Dritttheil des Vorderarms, Ulnarseite, dorsum	1 „	2,2 + 2,1 —
Grenze zwischen mittlerem und oberem Dritttheil des Vorderarms, Radialseite, dorsum	1 „	2,0 + 1,9 —
Grenze zwischen mittlerem und oberem Dritttheil des Vorderarms, Ulnarseite, vola	1 „	1,9 + 1,8 —
Grenze zwischen mittlerem und oberem Dritttheil des Vorderarms, Radialseite, vola	1 „	1,9 + 1,8 —
Grenze zwischen mittlerem und unterem Dritttheil des Vorderarms, Ulnarseite, vola	1 „	1,8 + 1,7 —
Grenze zwischen mittlerem und unterem Dritttheil des Vorderarms, Radialseite, vola	1 „	1,45 + 1,4 —
1″ unterhalb des Ellbogens, Radialseite, dorsum	1 „	1,9 + 1,8 —
1″ unterhalb des Ellbogens, Ulnarseite, dorsum	1 „	2,2 + 2,1 —
1″ unterhalb des Ellbogens, Radialseite, vola	1 „	2,0 + 1,9 —
1″ unterhalb des Ellbogens, Ulnarseite, vola	1 „	2,6 + 2,5 —
1″ oberhalb des condyl. ext. humeri	1 „	2,0 + 1,9 —

Untersuchte Hautstelle.	Anfangs-druck.	Angabe der Gewichtsgr. (in Grm.), um welche der Anfangsdruck erhöht werden musste, damit die Veränderung fühlbar wurde.
1″ oberhalb des condyl. int. humeri	1 Grm.	2,1 + 2,0 —
Mitte der äusseren Seite des Oberarms	1 „	2,2 + 2,1 —
Mitte der inneren Seite des Oberarms	1 „	2,6 + 2,5 —
Zwischen mittlerem und oberem Dritttheil d. Oberarms, Aussenseite	1 „	2,4 + 2,3 —
Auf dem acromion	1 „	2,9 + 2,8 —
Hintere Seite des Schultergelenks	1 „	2,6 + 2,5 —
Unter dem proc. spinos. des 7. Halswirbels	1 „	3,0 + 2,5 —
Unter dem proc. spinos. des 4. Halswirbels	1 „	2,7 + 2,6 —
Auf dem tuber occip. extern.	1 „	2,5 + 2,0 —
Hinterer Theil der Pfeilnath	1 „	1,2 + 1,0 —
Unterer Theil des oss. occipitis	1 „	2,5 + 2,0 —
Vorderer Theil der Pfeilnath	1 „	1,5 + 1,0 —

Untersuchte Hautstelle.	Anfangsdruck.	Angabe der Gewichtsgr. (in Grm.), um welche der Anfangsdruck erhöht werden musste, damit die Veränderung fühlbar wurde.
Auf der glabella	1 Grm.	1,9 + 1,8 —
Auf der Nasenwurzel	1 „	0,9 + 0,8 —
Vorderer Theil des Jochbogens	1 „	1,0 + 0,9 —
Schläfe, 1″ über dem äusseren Orbitalrand	1 „	0,6 + 0,55 —
Mitte der Wange	1 „	1,1 + 1,0 —
Mitte der Unterlippe	1 „	0,5 + 0,4 —

Eine Vergleichung dieser Tabelle mit der früheren ergiebt zunächst das auffallende Resultat, dass alle Zahlwerthe hier grösser sind als dort. Ich kann mir diese sich constant durch die Versuche hindurchziehende Erscheinung nicht anders deuten, als indem ich sie von der verschiedenen Empfindlichkeit der Waage abhängig mache. Wie bemerkt, so lastete der Messingstab bei allen Versuchen von vorn herein mit 1 Grm. Schwere auf der Hautstelle. Ich brachte dies Uebergewicht in der ersten Versuchsreihe dadurch zu Wege, dass ich die Schale, wo der Messingstab befestigt, mit 2 Grm. oben auf belastete, die entgegengesetzte Schale dagegen mit 1 Grm. Es lagen also im Ganzen 3 Grm. auf der Waage. Bei der 2. Versuchsreihe belastete ich die Waage einerseits mit 4 Grm., andrerseits mit 3 Grm. Bei dieser grösseren Gesammtlast von 7 Grm. mussten die Schwankungen der Waage geringer ausfallen, ihre Feinheit geringer werden. Betrug diese Differenz auch nur ein Minimum, so war sie doch hinreichend, um einen grösseren Gewichtsunterschied für das Zustandekommen einer deutlichen Empfindung der Veränderung nöthig

zu machen. Ich glaube nicht, dass es eine andere Deutung für die Erscheinung giebt und es würde im Falle der Richtigkeit derselben dadurch bewiesen werden, einen wie grossen Einfluss auch noch so leise Schwankungen eines auf die Haut herabgelassenen Gewichts auf die Perception seiner Schwere haben. Man empfindet dasselbe deutlicher, wenn es abwechselnd sich wenig hebt und senkt, als wenn es constant der Haut in gleichmässiger Weise aufliegt.

Ein besonderes Interesse musste es versprechen, die Untersuchungen an Blinden und Kindern fortzusetzen. Es wäre daran zu denken, dass, wie ihr Tastsinn feiner, so auch ihr Drucksinn subtiler sei. Ein zur Untersuchung geeigneter Blinder stand mir nicht zu Gebote, ich wählte daher für neue Versuche einen 11jährigen Knaben, auf dessen Angaben ich mich einigermassen verlassen zu können glaubte; die Schwierigkeiten indess, welche ein solches Experimentiren an anderen, sich für die Sache nicht Interessirenden mit sich bringt und die leichte Ablenkung der Aufmerksamkeit hinderten mich an weiterer Fortsetzung der Versuche. Den Resultaten der 3. Tabelle kann ich daher auch nicht im Entferntesten die Sicherheit beimessen, welche den früheren, an mir selbst gewonnenen, veröffentliche sie indess, weil sich in den Zahlen im Ganzen und Grossen ein constantes Steigen und Fallen der Druckempfindlichkeit nach bestimmten Gesetzen nicht verkennen lässt. Ausserdem waren mir diese neuen Versuche deshalb von besonderem Interesse, weil sie den Einfluss des täglichen Gebrauchs verschiedener Körpertheile auf die Feinheit der Perception von Druckunterschieden an denselben Stellen klar zu Tage legen. Der Knabe pflegte sich mit Korbarbeiten zu beschäftigen und seine Hand trug an der Volarfläche der Finger überall eine sehr dicke schwielige Epidermis. Wir haben daher in der 3. Versuchsreihe das auffallende, den früheren Ergebnissen widersprechende Resultat, dass das Dorsum der Finger empfindlicher scheint, als die Vola. Ueberall aber erhielt ich bei dem Knaben auffallend hohe Zahlwerthe. Zum Theil ist dies jedenfalls auf die geringere Aufmerksamkeit des Knaben zu schieben, sowie darauf, dass er seine Hände und Arme stets unbedeckt getragen und eben dadurch gegen feinere Druckeinwirkungen abgestumpft hatte, anderntheils bleibt auch die Möglichkeit einer individuellen Verschiedenheit der Empfindlichkeit nicht ausser Acht zu lassen. So zeigte Herr Prof. Panum eine weit geringere Empfindlichkeit für Druckunterschiede als ich, doch blieb das relative Verhältniss einzelner Hautstellen zu einander bei Beiden dasselbe.

III. Tabelle.

Versuche an einem 11jährigen Knaben.

Untersuchte Hautstelle.	Anfangs-druck.	Angabe der Gewichtsgr. (in Grm.), um welche der Anfangsdruck erhöht werden musste, damit die Veränderung fühlbar wurde.
Nagelglied des Daumens, dorsum	1 Grm.	0,4 + 0,3 —
1. Phalanx des Daumens, dorsum	1 „	0,7 + 0,6 —
Nagelglied des Daumens, vola	1 „	0,5 + 0,4 —
1. Phalanx des Daumens, vola	1 „	1,3 + 1,2 —
3. Phalanx des Zeigefingers, dorsum	1 „	0,4 + 0,3 —
2. Phalanx des Zeigefingers, dorsum	1 „	0,5 + 0,4 —
1. Phalanx des Zeigefingers, dorsum	1 „	0,7 + 0,6 —
3. Phalanx des Zeigefingers, vola	1 „	0,4 + 0,3 —
2. Phalanx des Zeigefingers, vola	1 „	1,0 + 0,9 —
1. Phalanx des Zeigefingers, vola	1 „	1,0 + 0,9 —
3. Phalanx des Mittelfingers, dorsum	1 „	0,4 + 0,3 —

Untersuchte Hautstelle.	Anfangs-druck.	Angabe der Gewichtsgr. (in Grm.), um welche der Anfangsdruck erhöht werden musste, damit die Veränderung fühlbar wurde.
2. Phalanx des Mittelfingers, dorsum	1 Grm.	1,0 + 0,9 —
1. Phalanx des Mittelfingers, dorsum	1 „	0,9 + 0,8 —
3. Phalanx des Mittelfingers, vola	1 „	0,7 + 0,6 —
2. Phalanx des Mittelfingers, vola	1 „	1,3 + 1,2 —
1. Phalanx des Mittelfingers, vola	1 „	1,2 + 1,1 —
3. Phalanx des Ringfingers, dorsum	1 „	0,3 + 0,2 —
2. Phalanx des Ringfingers, dorsum	1 „	1,0 + 0,9 —
1. Phalanx des Ringfingers, dorsum	1 „	1,1 + 1,0 —
3. Phalanx des Ringfingers, vola	1 „	0,7 + 0,6 —
2. Phalanx des Ringfingers, vola	1 „	1,1 + 1,0 —
1. Phalanx des Ringfingers, vola	1 „	1,1 + 1,0 —
3. Phalanx des kleinen Fingers, dorsum	1 „	0,5 + 0,4 —

Untersuchte Hautstelle.	Anfangs-druck.	Angabe der Gewichtsgr. (in Grm.), um welche der Anfangsdruck erhöht werden musste, damit die Veränderung fühlbar wurde.
2. Phalanx des kleinen Fingers, dorsum	1 Grm.	1,1 + 1,0 —
1. Phalanx des kleinen Fingers, dorsum	1 „	1,3 + 1,2 —
3. Phalanx des kleinen Fingers, vola	1 „	0,9 + 0,8 —
2. Phalanx des kleinen Fingers, vola	1 „	1,4 + 1,3 —
1. Phalanx des kleinen Fingers, vola	1 „	1,3 + 1,2 —
Ueber der Basis der 1. Phalanx des Zeigefingers, dorsum	1 „	0,9 + 0,8 —
Ueber der Basis der 1. Phalanx des Mittelfingers, dorsum	1 „	1,1 + 1,0 —
Ueber der Basis der 1. Phalanx des Ringfingers, dorsum	1 „	1,0 + 0,9 —
Ueber der Basis der 1. Phalanx des kleinen Finger, dorsum	1 „	1,0 + 0,9 —
Ueber der Basis der 1. Phalanx des Zeigefingers, vola	1 „	1,6 + 1,5 —
Ueber der Basis der 1. Phalanx des Mittelfingers, vola	1 „	1,2 + 1,1 —
Ueber der Basis der 1. Phalanx des Ringfingers, vola	1 „	1,2 + 1,1 —

Untersuchte Hautstelle.	Anfangsdruck.	Angabe der Gewichtsgr. (in Grm.), um welche der Anfangsdruck erhöht werden musste, damit die Veränderung fühlbar wurde.
Ueber der Basis der 1. Phalanx des kleinen Fingers, vola	1 Grm.	1,6 + 1,5 —
Mitte der Vola	1 „	1,0 + 0,9 —
Radialseite derselben	1 „	1,1 + 1,0 —
Ulnarseite derselben	1 „	1,3 + 1,2 —
Daumenballen	1 „	1,6 + 1,5 —
Kleinfingerballen	1 „	2,0 + 1,9 —
Mitte zwischen Daumen- und Kleinfingerballen	1 „	1,2 + 1,1 —
Mitte zwischen 1. und 2. Metakarpalknochen, dorsum	1 „	1,7 + 1,6 —
Mitte zwischen 2. und 3. Metakarpalknochen, dorsum	1 „	2,2 + 2,1 —
Mitte zwischen 3. und 4. Metakarpalknochen, dorsum	1 „	2,1 + 2,0 —
Mitte zwischen 4. und 5. Metakarpalknochen, dorsum	1 „	1,7 + 1,6 —
Handgelenk, Radialseite, dorsum	1 „	2,0 + 1,9 —

Untersuchte Hautstelle.	Anfangs-druck.	Angabe der Gewichtsgr. (in Grm.), um welche der Anfangsdruck erhöht werden musste, damit die Veränderung fühlbar wurde.
Handgelenk, Ulnarseite, dorsum	1 Grm.	2,2 + 2,1 —
Handgelenk, Radialseite, vola	1 „	1,8 + 1,7 —
Handgelenk, Ulnarseite, vola	1 „	2,4 + 2,3 —
Grenze zwischen unterem u. mittlerem Dritttheil des Vorderarms, Radialseite, vola	1 „	2,2 + 2,1 —
Grenze zwischen unterem u. mittlerem Dritttheil des Vorderarms, Ulnarseite, vola	1 „	2,6 + 2,5 —
Grenze zwischen unterem u. mittlerem Dritttheil des Vorderarms, Radialseite, dorsum	1 „	2,1 + 2,0 —
Grenze zwischen unterem u. mittlerem Dritttheil des Vorderarms, Ulnarseite, dorsum	1 „	2,3 + 2,2 —
Grenze zwischen mittlerem und oberem Dritttheil d. Vorderarms, Radialseite, vola	1 „	2,7 + 2,6 —
Grenze zwischen mittlerem und oberem Dritttheil d. Vorderarms, Ulnarseite, vola	1 „	2,9 + 2,8 —
Grenze zwischen mittlerem und oberem Dritttheil d. Vorderarms, Radialseite, dorsum	1 „	2,9 + 2,8 —
Grenze zwischen mittlerem und oberem Dritttheil d. Vorderarms, Ulnarseite, dorsum	1 „	3,1 + 3,0 —

Um zu einem möglichst sichern Resultat zu gelangen und den Einfluss etwaiger Beobachtungsfehler, soweit thunlich,

zu eliminiren, habe ich für die einzelnen Theile der oberen Extremität die Mittelwerthe berechnet, welche die zur Empfindung des Gewichtsunterschiedes nöthige Veränderung des ursprünglichen Druckes angeben. Dieses Facit stelle ich folgend zusammen, wozu ich mich um so mehr gedrungen fühle, als in meiner Dissertation einige dieser Mittelzahlen falsch wieder gegeben worden sind.

IV. Tabelle.

Mittlere Angabe der Gewichtsgrössen, deren Wegnahme oder Zulage an den verschiedenen Körpertheilen nöthig war, um eine Veränderung des ursprünglichen Drucks (1 Grm.) fühlbar zu machen, nach den Versuchsreihen geordnet.

Hautstelle.	1. Versuchsreihe. Grm.	2. Versuchsreihe. Grm.	Mittel aus d. beiden 1. Versuchsreihen. Grm.	3. Versuchsreihe. Grm.	Mittel aus allen 3 Versuchsreihen. Grm.
3. Phalanx	0,294	0,465	0,379	0,52	0,499
2. Phalanx	0,355	0,631	0,493	1,05	0,771
1. Phalanx	0,480	0,682	0,581	1,06	0,820
Vola der Finger	0,358	0,526	0,442	0,99	0,716
Dorsum der Finger	0,398	0,653	0,525	0,73	0,627
Daumen	0,412	0,487	0,449	0,72	0,584
Zeigefinger	0,260	0,625	0,442	0,66	0,551

Hautstelle.	1. Versuchsreihe. Grm.	2. Versuchsreihe. Grm.	Mittel aus d. beiden 1. Versuchsreihen. Grm.	3. Versuchsreihe. Grm.	Mittel aus allen 3 Versuchsreihen. Grm.
Mittelfinger	0,483	0,736	0,609	0,91	0,759
Ringfinger	0,196	0,425	0,310	0,88	0,595
Kleiner Finger	0,550	0,475	0,512	1,08	0,796
Handrücken	0,714	0,992	0,853	1,46	1,156
Handvola	0,541	0,774	0,657	1,38	1,018
Volarfläche von Hand und Fingern zusammengenommen	0,449	0,650	0,549	1,18	0,864
Dorsalfläche von Hand und Fingern zusammengenommen	0,556	0,822	0,689	1,09	0,889
Finger im Allgemeinen.	0,378	0,549	0,463	0,86	0,661
Hand im Allgemeinen	0,636	0,883	0,759	1,42	1,089
Vorderarm im Allgemeinen	0,857	1,904	1,380	2,60	1,990
Ulnarseite	0,766	1,688	1,227	2,72	1,973
Radialseite	0,741	1,555	1,148	2,47	1,809

Aus diesen Zahlen lassen sich folgende Sätze ableiten:

1) Die Empfindlichkeit für Druckunterschiede nimmt von den Fingerspitzen nach aufwärts bis zu dem Kubitalgelenk in stetiger Weise ab. Es stimmen hierin alle drei Versuchsreihen überein.

2) Die Volarfläche zeigt im Allgemeinen eine grössere Empfindlichkeit als die Dorsalfläche. — Trotz der Abweichung, welche hier die dritte Zahlreihe ergiebt, bezweifle ich doch nicht die Richtigkeit dieses Satzes, da ich auch bei Anderen, deren Haut nicht durch schwere Arbeit schwielig verdickt war, in der Vola constant eine grössere Empfindlichkeit gefunden habe. Dass die Epidermis von bedeutendem Einfluss auf die Druckempfindlichkeit ist, geht übrigens auch aus den Zahlen zur Genüge hervor. Ich wähle nur eine Hautstelle heraus, um den Beweis dafür zu liefern. Für den Daumenballen ergiebt die erste Versuchsreihe die Zahl 0,62, für den Kleinfingerballen 0,6, für die zwischen beiden liegende vertiefte Hautstelle, welche eben ihrer tieferen Lage wegen weniger dem Druck ausgesetzt und mit zarterer Epidermis bekleidet ist, fand ich die kleinere Zahl 0,5; ebenso ergiebt die zweite Versuchsreihe für die entsprechenden Stellen 0,95 — 0,8 — 0,75 und die dritte Versuchsreihe 1,6 — 2,0 — 1,2. Es würde freilich verkehrt sein, wollte man es als allgemein gültig hinstellen, dass, je zarter die Epidermis, desto grösser die Druckempfindlichkeit sei. Den Gegenbeweis davon liefert eben die grössere Empfindlichkeit der Handvola. Vielmehr muss man das obenan stellen, dass die Vola der oberen Extremität druckempfindlicher ist, als das Dorsum, dass die Empfindlichkeit von den Fingerspitzen nach aufwärts abnimmt. Unter Berücksichtigung dieser obersten Gesetze indess ist ein gewisser Einfluss der Epidermis nicht zu verkennen.

3) Unter den Fingern scheinen der zweite und vierte die übrigen an Druckempfindlichkeit zu übertreffen, der dritte und fünfte am wenigsten empfindlich zu sein, der Daumen in der Mitte zu stehen.

4) Die dritte Fingerphalanx übertrifft an Empfindlichkeit die zweite, die zweite die erste. Es ist dies aus allen drei Tabellen ersichtlich.

5) Die Radialseite übertrifft um ein Geringes die Ulnarseite an Empfindlichkeit.

Ueber die Druckempfindlichkeit des Halses und Gesichts kann ich nach der geringen Zahl der untersuchten Punkte mir kein Urtheil erlauben. Es scheint, als ob die Empfind-

lichkeit von dem Nacken nach aufwärts über den behaarten Kopf bis zur Stirn hin zunimmt, im Gesicht aber an verschiedenen Stellen sehr wechselt. Leider gelang es nicht, die Zungenspitze genauer Prüfung zu unterziehen, da eine feste Fixirung derselben auf einer Unterlage nicht hergestellt werden konnte.

Die folgenden Versuche, welche ich in Gemeinschaft mit Herrn Prof. Panum unternahm, umfassen den Truncus und die untere Extremität.

V. Tabelle.

Untersuchte Hautstelle.	Anfangsdruck.	Angabe der Gewichtsgr. (in Grm.), um welche der Anfangsdruck erhöht werden musste, damit die Veränderung fühlbar wurde.
1″ vom 6. Brustwirbel, seitlich	1 Grm.	3,8 + 3,6 —
Am 12. Brustwirbel	1 „	3,5 + 3,0 —
Ueber dem sternum in der Höhe der Brustwarze	1 „	3,0 + 2,5 —
An der inneren Seite des Warzenhofs, 3‴ entfernt.	1 „	1,5 + 1,0 —
Im Warzenhof	1 „	1,5 + 1,0 —
$2^1/_2$″ seitlich von dem Nabel	1 „	3,5 + 3,0 —
Seite des Thorax unter dem Arm in der Höhe des unteren Winkels der scapula	1 „	2,0 + 1,5 —
Mitte der Vorderfläche des Oberschenkels	1 „	1,5 + 1,0 —

Untersuchte Hautstelle.	Anfangs-druck.	Angabe der Gewichtsgr. (in Grm.), um welche der Anfangsdruck erhöht werden musste, damit die Veränderung fühlbar wurde.
Auf der Kniescheibe	1 Grm.	1,5 + 1,0 —
Kurz oberhalb der Kniescheibe	1 ,,	1,0 + 0,5 —
Mitte des Unterschenkels über der Tibia	1 ,,	1,0 + 0,5 —
Fussrücken, zwischen dem os metat. der grossen und zweiten Zehe	1 ,,	0,5 + 0,3 —
Dorsum des ersten Gliedes der grossen Zehe	1 ,,	1,5 + 1,0 —
Dorsum des Nagelgliedes der grossen Zehe	1 ,,	0,5 + 0,2 —
Dorsum der ersten Phalanx der zweiten Zehe	1 ,,	0,5 + 0,2 —
Ueber dem Knöchel der zweiten Phalanx der zweiten Zehe	1 ,,	1,0 + 0,5 —
Mitte der Phalanx der zweiten Zehe, dorsum	1 ,,	1,0 + 0,5 —
Mitte des inneren Fussrandes	1 ,,	0,5 + 0,2 —

Auch diese Zahlen sind erst zu vervielfältigen, mehrere Stellen zu untersuchen, bis sich mit einiger Wahrscheinlichkeit ein sicheres Resultat aus denselben ziehen lassen wird.

Von grossem Einfluss auf die Empfindlichkeit ist die Schnelligkeit, mit welcher der Druck verändert wird. Je

rascher man ein Gewicht abhebt, desto deutlicher wird der Druckunterschied erkannt, je langsamer, desto schwächer. Dieser Einfluss ist so bedeutend, dass ich an einer Hautstelle von dem ursprünglichen Druck 0,2 Grm. mit Bestimmtheit unterschied, wenn sie möglichst rasch abgehoben wurden (natürlich so, dass aller Stoss der Waage vermieden wurde), dagegen an derselben Stelle über 2 Grm. bei langsamem Abheben im Zweifel war. Ich habe deshalb während der Versuche stets wiederholt daran erinnert, die Gewichte mit möglichst gleicher Schnelligkeit von der Waage aufzuheben und zuzulegen, ohne indess auf andere Weise beweisen zu können, dass dies geschehen, als durch die Angabe meines wissenschaftlich gebildeten Gehülfen, dass er dieselbe Kraft und Schnelligkeit bei den verschiedenen Gewichten anzuwenden stets bemüht gewesen sei. Ein eigener Apparat, welcher construirt wurde, um ein gleichmässiges Abheben der Gewichte von den Waagschalen zu erzielen, erwies sich als für die praktische Benutzung zu complicirt, ich kam daher, nachdem ich einige Versuche mit demselben angestellt, wieder darauf zurück, mit der Hand der Waage die Gewichte aufzulegen und abheben zu lassen.

Fernere Versuchsreihen wären darüber anzustellen, in welcher Weise Veränderungen der drückenden Oberfläche bei gleichbleibendem Druckwerth auf die Empfindlichkeit influiren, sowie darüber, wie sich die Empfindlichkeit bei gleichbleibender Druckoberfläche, aber verschiedenen Druckwerthen verhalte. Aus der Zahl der Versuche, die ich über letzteren Punkt angestellt habe, möge nur Folgendes hier Platz finden. Ich unterschied auf dem Dorsum der rechten Hand

bei einem ursprünglichen Druckwerth von	5 Grm.	nur die Veränderung dieses Werthes um 2 Grm.
10 „	und einer drückenden Kreisoberfläche von	5 „
15 „	26 Mm. Durchmesser.	7 „
22 „		9 „

Es bestätigen diese Zahlen den bereits mehrfach betonten Umstand, dass das relative Verhältniss verschiedener Gewichte keineswegs allein bestimmend auf die Druckempfindung sei, sondern, dass vielmehr der absoluten Grösse dieses Unterschiedes ein nicht unwichtiger Einfluss für die Erkenntniss der Gewichtsdifferenz beizumessen ist.

Ueber die Identität d. Stylo-auricularis (Hyrtl 1840) mit einer Varietät des Caput auriculare m. styloglossi (mihi 1854) und Duverney's Priorität der Entdeckung (1749).

Von

Wenzel Gruber in St. Petersburg.

Ich habe der Akademie der Wissenschaften in St. Petersburg im Jahre 1854 eine Abhandlung unter dem Titel: „Ueber den Ohrknorpel- oder Gehörgangskopf des Griffelzungenmuskels (caput auriculare musculi styloglossi) des Menschen und sein Analogon bei Phoca"; dann im Jahre 1856 eine Note unter dem Titel: „Geschichtliche Berichtigung über das Caput auriculare musculi styloglossi des Menschen", eingereicht. Erstere wurde in der Sitzung am $\frac{\text{20. October}}{\text{1. November}}$ 1854 vorgelesen und erschien im Bull. phys.- math. Tom. XIII. Nro. 17 et 18 p. 257—273 und Mélang. biolog. Tom. II. p. 214—236 mit II Taf. (8 Abbildungen); letztere wurde in der Sitzung am $\frac{10.}{22.}$ October 1859 vorgelesen und erschien im Bull. phys.-math. Tom. XV. Nro. 12 et 13 p. 206—207 und Mélang. biolog. Tom. II. p. 469—471.

In diesen Aufsätzen lieferte ich die Geschichte und Beschreibung eines accessorischen Muskelbündels des M. styloglossus, das ich in 9 Stufen seiner Entwickelung kennen gelernt hatte. Meine Angaben stützten sich vorzugsweise auf Funde, die ich aus an 210 Schädeln in St. Petersburg geflissentlich vorgenommenen Untersuchungen gewonnen hatte, obgleich auch die anderen Beobachtungen, die ich ausserdem seit vielen Jahren darüber sowohl in Prag als auch in St. Petersburg gemacht hatte, dabei nicht unberücksichtigt blieben.

Im vollkommen entwickelten Zustande, d. i. als ein vom knorplichen Gehörgange entspringender Kopf, sah ich das

accessorische Bündel in vier Varietäten auftreten, und zwar: als ein einbäuchiges, am knorplichen Gehörgange fleischiges, am Uebergange in den M. styloglossus sehniges; oder als ein einbäuchiges dort sehniges, hier fleischiges; oder als zweibäuchiges dort und hier fleischiges, in der Mitte sehniges; oder endlich als völlig fleischiges und vom Ursprunge bis zur Zunge geschiedenes Bündel — M. auriculo-glossus. —

Im nur rudimentären Zustande d. i. als ein Sehnenbündel, welches den knorplichen Gehörgang bald erreicht, bald nicht, oder als Fleischköpfchen, welches sich an diesen noch nicht inserirt, sah ich dasselbe in 4 Variationen vorkommen.

Die oben einbäuchige d. i. die am knorplichen Gehörgange fleischige Varietät hat vor mir Duverney, Alex. Lauth und Hyrtl beschrieben; sie ist somit = Duverney's ungenanntem Muskel, A. Lauth's Depressor auriculae, Hyrtl's Stylo-auricularis. Die zweibäuchige Varietät hat vor mir Hyrtl gesehen, ist somit = Hyrtl's zweibäuchigem Stylo-auricularis; eines dasselbe substituirenden Sehnenfadens zum Vorsprunge oder Fortsatze des inneren Ringes des knorplichen Gehörganges gedachte Hyrtl vor mir; des dasselbe auf die unvollkommenste Weise andeutenden Sehnenbündels zur Basis des Processus styloideus that vor mir Theile Erwähnung. Ich habe diese vier Varietäten vervollständigt dargestellt und die anderen fünf dazu aufgefunden.

Das Hervorgehen des accessorischen Bündels bei allen seinen Varietäten aus dem Musculus styloglossus, die stufenweise zunehmende Entwickelung der letzteren von einem Sehnenbündel, das sich zuerst nur an die Basis des Processus styloideus, zuletzt an den knorplichen Gehörgang inserirt, zu einem Muskelkopfe, der bei Einer Varietät und im niedrigsten Grade seiner Ausbildung den Ohrknorpel noch nicht erreicht, bei folgenden vier Varietäten an den knorplichen Gehörgang sich ansetzt oder von da entsteht, und im höchsten Grade der Ausbildung völlig fleischig ist und bis zur Zunge vom M. styloglossus separirt bleibt, berechtigten mich: das accessorische Bündel als dem M. styloglossus angehörig zu erklären und Caput auriculare m. styloglossi zu nennen, folglich auch Duverney's Muskel, Lauth's Depressor auriculae und Hyrtl's Stylo-auricularis, als blossen Varietäten dieses Caput auriculare, ihre Selbstständigkeit abzusprechen.

In denselben Aufsätzen bewies ich auch, dass eine der Varietäten das Caput auriculare m. styloglossi, welche Duver-

ney 1749 als selbstständigen Muskel ohne besonderen Namen, Alex. Lauth 1830 als Depressor auriculae und Hyrtl 1840 als Stylo-auricularis beschrieb, eine und dieselbe sei, somit Duverney (nicht Hyrtl) die Ehre der Entdeckung gebühre.

Ich will die Stellen dieser drei Anatomen noch einmal neben einander hinstellen, um Duverney's Recht über jeden Zweifel erhaben zu constatiren.

G. J. Duverney — L'art de disséquer méthodiquement les muscles du corps humain. Paris 1749. 8° min. p. 11—12: „Il y a des sujets où l'on trouve, la parotide enlevée, un petit muscle grêle, longuet et rond, d'une couleur pour l'ordinaire très rouge. Sa figure ressemble à un petit vers naissant. Il prend son origine de la naissance de l'apophyse styloide et s'insère au conduit cartilagineux de l'oreille."

Alexander Lauth — Varietés dans la distribution des muscles de l'Homme, Mém. de la Soc. d'hist. nat. de Strassbourg Tom. I. Paris 1830 p. 65. „Muscle abaisseur de l'oreille. Grêle et alongé il s'est attaché, en haut, au prolongement pointu que l'on remarque à la partie inférieure et interne du conduit auditif cartilagineux; en bas il s'insère à l'apophyse styloide. Ce muscle, qui n'a existé que du coté gauche, se trouve sur la préparation des nerfs de la tête, que nous avons déposée au cabinet d'anatomie comparée du Jardin des Plantes de Paris."

Jos. Hyrtl — Bemerkungen über einige Gesichtsmuskeln, und einen neuen Muskel des Ohres — Oest. medic. Jahrb. Bd. XXX, neueste Folge Bd. XXI. St. III. Jänner 1840 p. 345—346. Taf. lit. F. — „Er entsteht am Processus styloideus, oberhalb des Ursprunges des Stylo-glossus, mit welchem er durch Fleisch- oder Sehnenbündel zusammenhängt. Er läuft an der äusseren Oberfläche des genannten Fortsatzes nach aufwärts, verschmächtigt sich allmälig, und inserirt sich an den untersten Vorsprung des Meatus auditorius cartilagineus mit einer strahlenförmig auseinanderfahrenden Sehne. Dieser anatomischen Anordung zufolge wirkt der Muskel als Depressor des äusseren Ohres und Erweiterer des Gehörganges und könnte am passendsten Musculus stylo-auricularis genannt werden, etc." (Siehe auch dessen Lehrb. d. Anat. d. M. 1. Aufl. Prag 1846 p. 291. 5. Aufl. Wien 1855 p. 324.)

Diese Stellen gleichen sich im Wesentlichen, folglich ist einleuchtend: 1) dass Duverney, Alex. Lauth und Hyrtl einen und denselben Muskel unter verschiedenen Namen, den alle drei irrig als einen selbstständigen ansahen, zu verschiedenen Zeiten beschrieben haben; 2) dass Duverney,

da er 81 Jahre vor A. Lauth und 91 Jahre vor Hyrtl seine Beschreibung lieferte, nothwendiger Weise den angeblichen Muskel, der = ist der 7. Varietät des Caput auriculare musculi styloglossi, entdeckt haben müsse.

Uebrigens geht aus Duverney's Worten auch hervor, dass er den angeblich selbstständigen Muskel bereits öfters gesehen haben mochte.

Auf diese Nachweise behauptet Hyrtl — Lehrb. d. Anat. d. M. 6. Aufl. Wien 1859. p. 360. 370 —, bei seinem Stylo-auricularis und meinem Caput auriculare m. styloglossi handle es sich um keine Verwechselung, und nennt sich ausdrücklich noch im Jahre 1859 „Entdecker des Stylo-auricularis."

Darauf habe ich zu erwidern:

Wenn es sich um keine Verwechslung handelte, so müsste neben dem Caput auriculare m. styloglossi wohl auch der angebliche Stylo-auricularis, oder neben dem letzteren wohl auch ersteres gefunden worden sein. Ich habe aber neben dem Caput auriculare m. styloglossi einen selbstständigen Stylo-auricularis nie auftreten gesehen. Hyrtl giebt die Existenz des Caput auriculare m. styloglossi zu, giebt aber nicht an, dass er dasselbe neben dem Stylo-auricularis beobachtet hätte. Ich weiss jedoch bestimmt, dass Hyrtl die Exemplare des accessorischen Muskelbündels, welche ich, der Bestätigung halber, in Prag suchte, fand und vorlegte, und welche zur 7. Varietät des Caput auriculare m. styloglossi gehörten, für solche des Stylo-auricularis genommen habe. Auch hat Hyrtl nach einem dieser Exemplare, das ein recht entwickeltes und schönes Caput auriculare m. styloglossi war, die Abbildung zu seinem Aufsatze entwerfen lassen. Es wird sich also denn doch um eine Verwechslung gehandelt haben, und Duverney's Muskel = Lauth's Depressor auriculae, = Hyrtl's Stylo-auricularis wird in, nicht neben den Varietäten des Bündels, das ich Caput auriculare m. styloglossi nenne, existiren müssen. Oder sollte vielleicht doch auch das Caput auriculare m. styloglossi als ein vom M. styloglossus völlig geschiedenes Muskelbündel vorkommen, und sonach ein Duverney'- Lauth'- Hyrtl'scher Muskel auftreten? Dagegen spricht meine ganze Erfahrung, welche in dieser Hinsicht wohl reicher sein dürfte, als die jedes anderen Anatomen, dagegen sprechen die als Repräsentanten aller möglichen Varianten aufbewahrten Präparate, dagegen spricht Hyrtl selbst, wenn er seinen Stylo-auricularis durch Fleisch- und Sehnenbündel mit dem Styloglossus zu-

sammenhängen lässt, weil schon desshalb ein so kleiner Muskel nicht mehr selbstständig genannt werden kann.

Duverney's Muskel ohne Namen, Lauth's Depressor auriculae, Hyrtl's Stylo-auricularis sind somit nur eine Varietät des Caput auriculare m. styloglossi und zwar eine und dieselbe des letzteren.

Sie haben daher aufzuhören als drei besondere und überhaupt als ein selbstständiger Muskel zu figuriren. Immerhin ist Duverney ihr Entdecker und wird fortfahren es so lange zu bleiben, als nicht noch ein anderer Anatom aufgefunden wird, der bereits vor d. J. 1749 die Entdeckung gemacht hätte. Erstere Behauptung wird durch vorurtheilslose Nachuntersuchungen als richtig bestätigt werden, letztere wird die Geschichte zu vertreten haben.

Da derselbe berühmte Pariser Anatom Guichard Jos. (nicht Joh.) Duverney (nicht Duvernoy) auch das Bündel des M. orbicularis palpebralis, das M. sacci lacrymalis genannt wird, zuerst, wenn auch unvollständig, beschrieben hat, was manche Anatomen wegen Unzugänglichkeit seiner selten gewordenen Werke nicht oder nicht bestimmt wissen, so benütze ich diese Gelegenheit, die Stellen zu citiren, welche ihm auch diese Entdeckung sichern, und dem Muskel den Namen: „Musculus sacci lacrymalis Duverneyi“ verleihen:

G. J. Duverney — L'art de disséquer etc. Paris 1749 8^0 min. p. 37. —

„L'orbiculaire rejetté et renversé dessus le nez, on peut en ôtant bien les graisses trouver un petit muscle, qui prend origine de la partie antérieure de l'os planum et vient s'inserer à la partie interne du tendon mitoyen à l'opposé de celle de l'orbiculaire. Je crois qu'il n'est pas décrit; il peut servir à diriger l'entrée des larmes dans le sac lacrymal.“

G. J. Duverney — Oeuvres anatom. ed. J. L. Bertin. Tom. I. Paris 1761 4^0 p. 130. Nachlass.

Du sac lacrymal.

„Outre ces fibres il y a un petit muscle au dedans du grand angle, qui prend son origine de la partie antérieure de l'os planum, et s'insère à la partie interne du tendon mitoyen ou commun à l'opposé de l'orbiculaire; c'est un petit muscle que j'ai observé il y a long-temps.“

WELLCOME LIBRARY INSTITUTE

Gedruckt bei E. Polz in Leipzig.

Fig. 1.

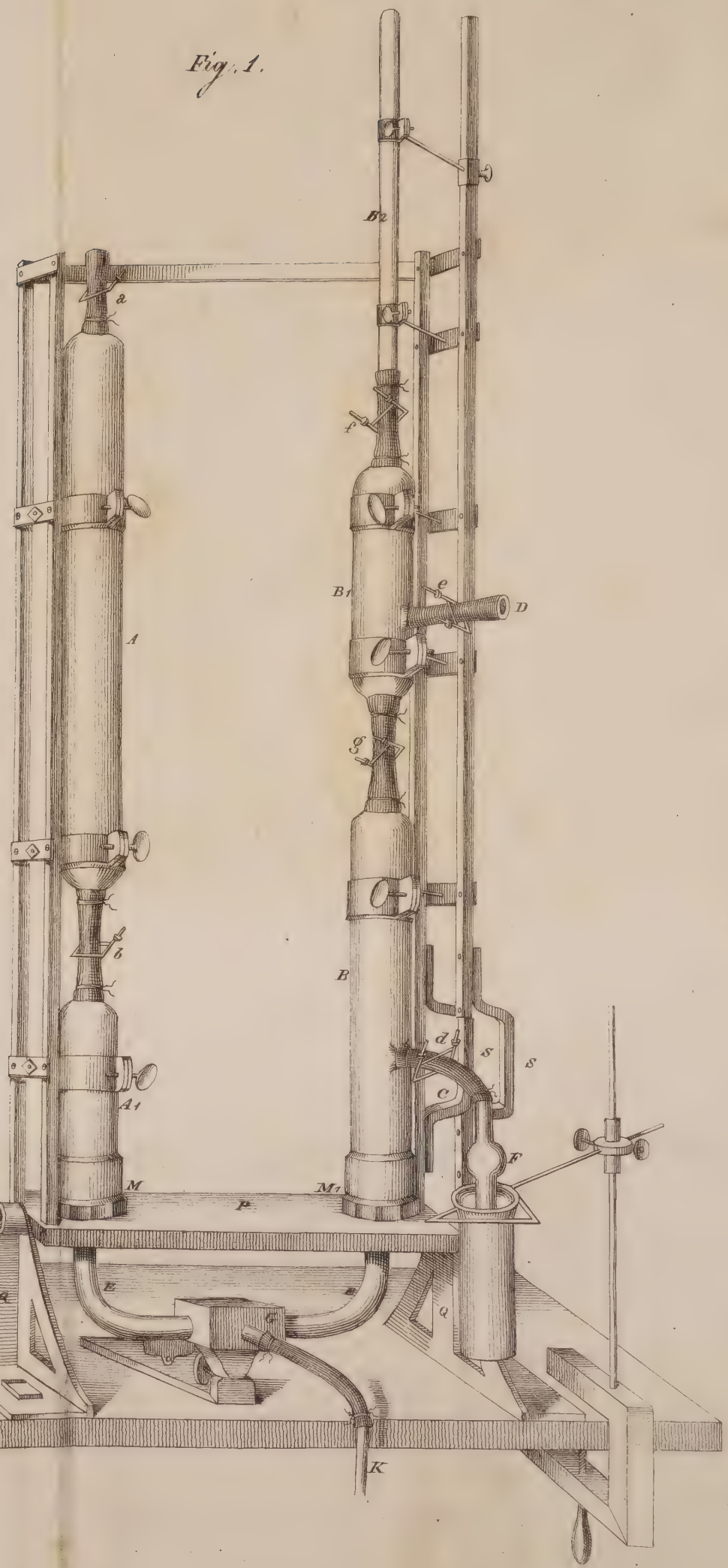


Fig. 2.

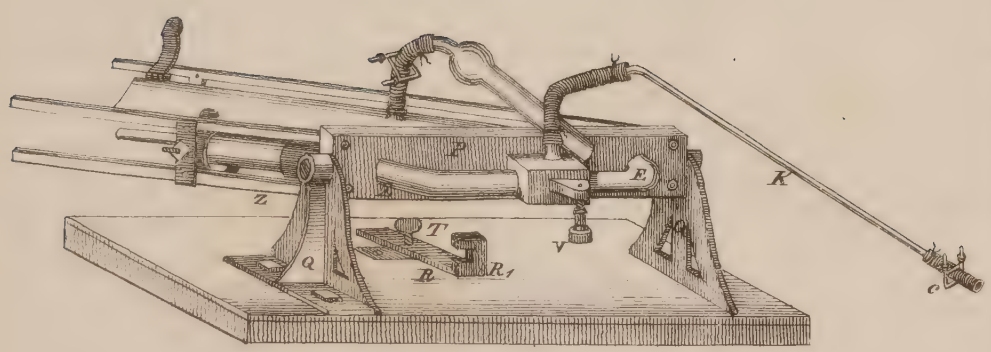


Fig. I.

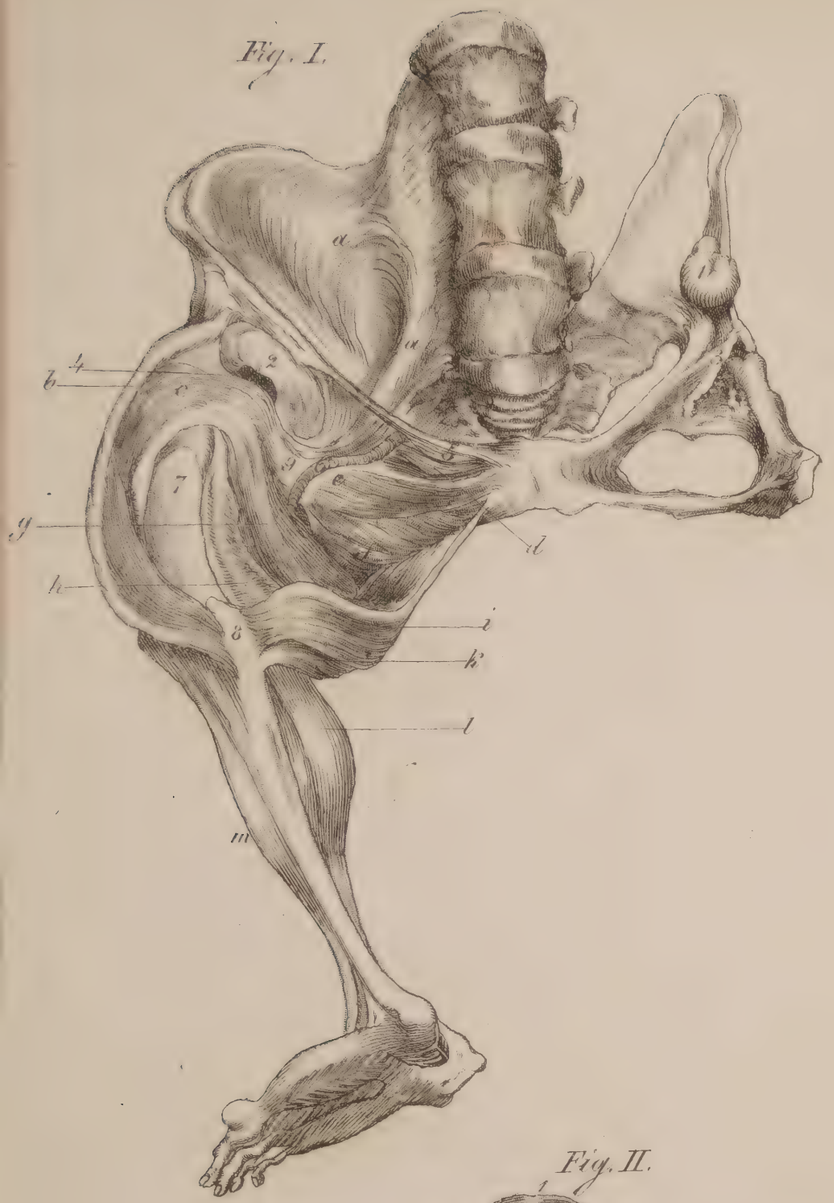


Fig. II.

Fig. VI.

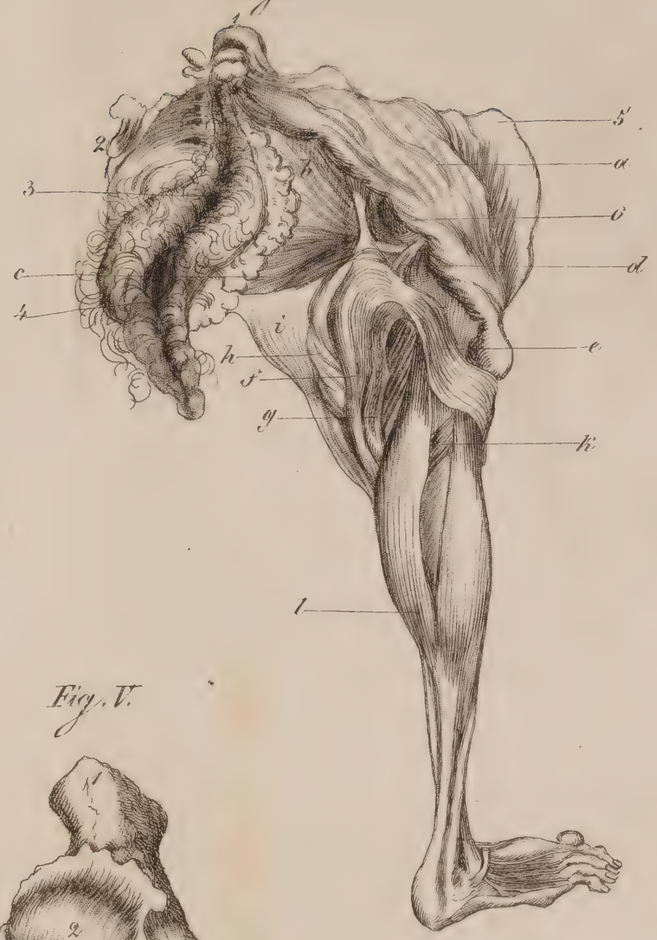


Fig. V.

Fig. VII.

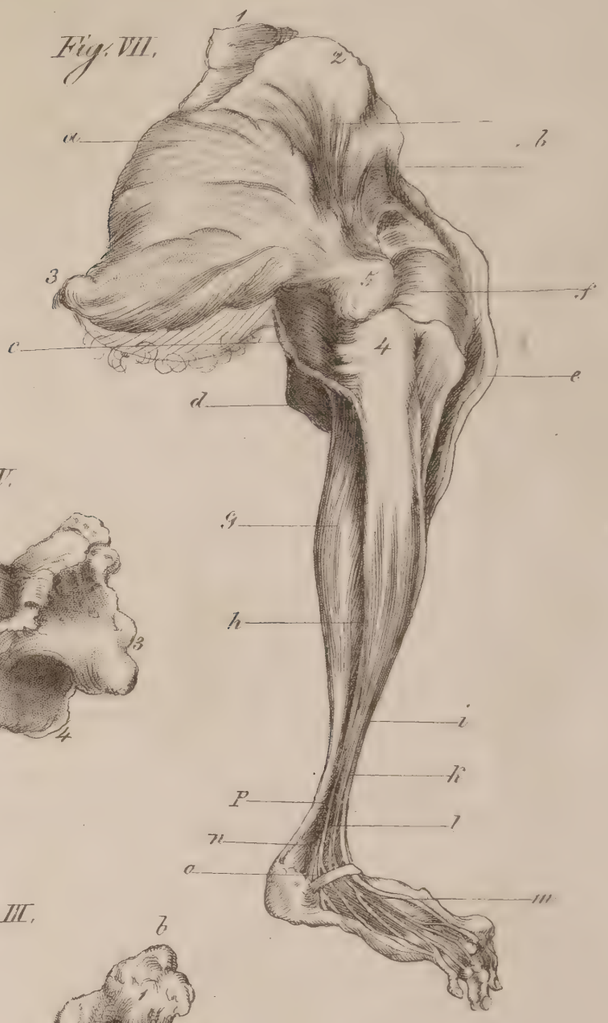
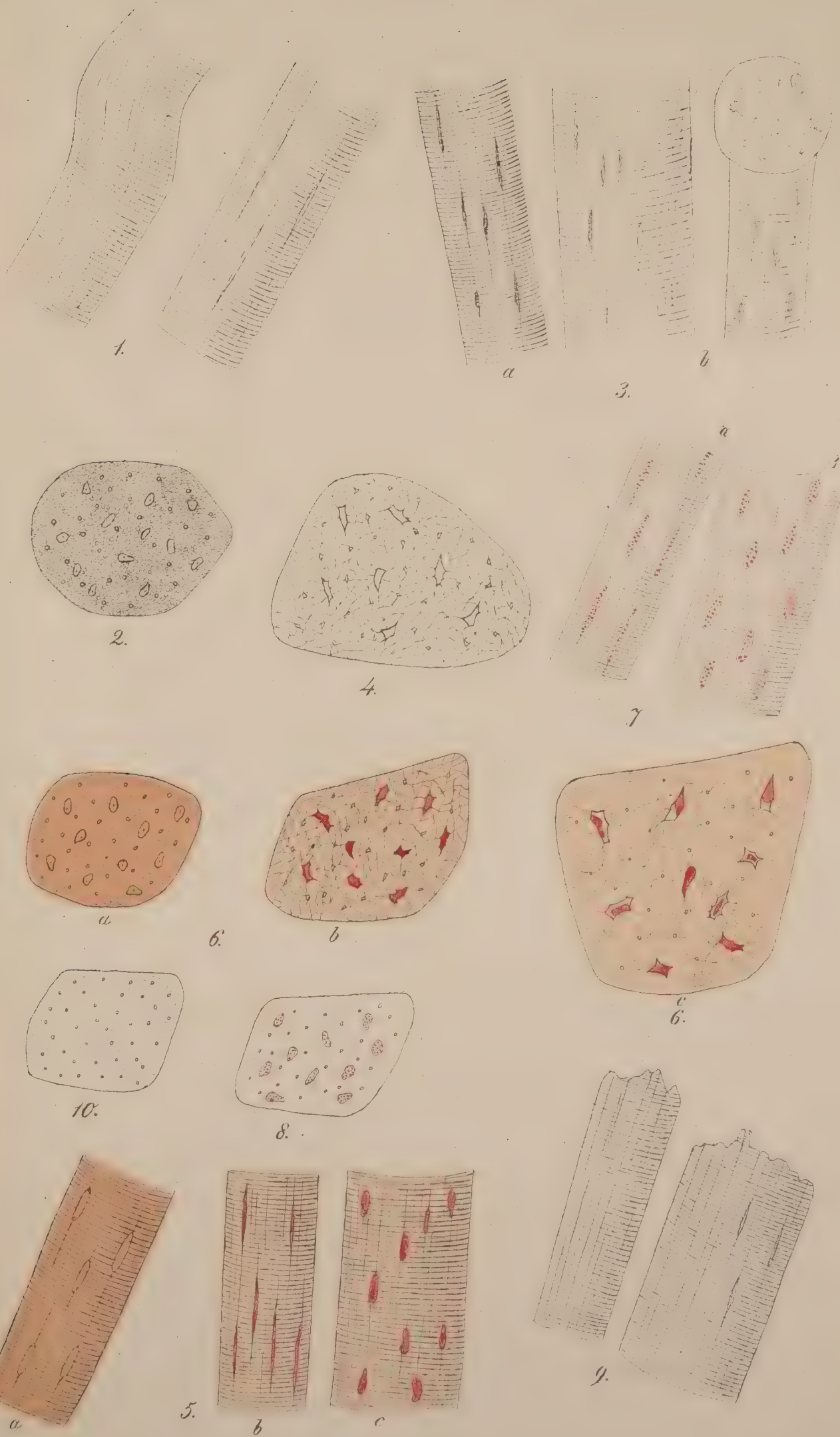
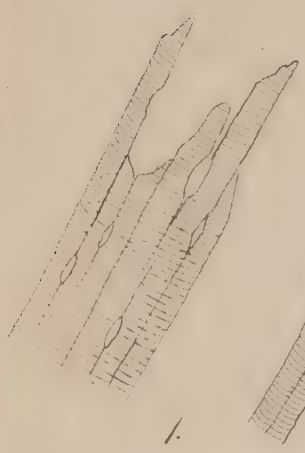


Fig. IV.

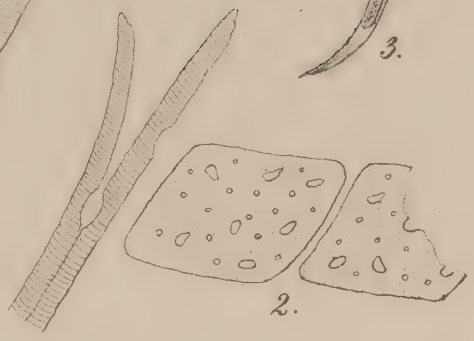
Fig. III.



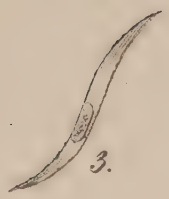
Lith. Anst. v. C. Honig, Göttingen



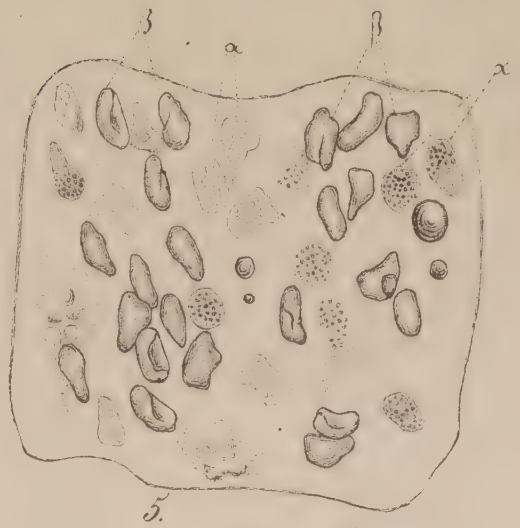
1.



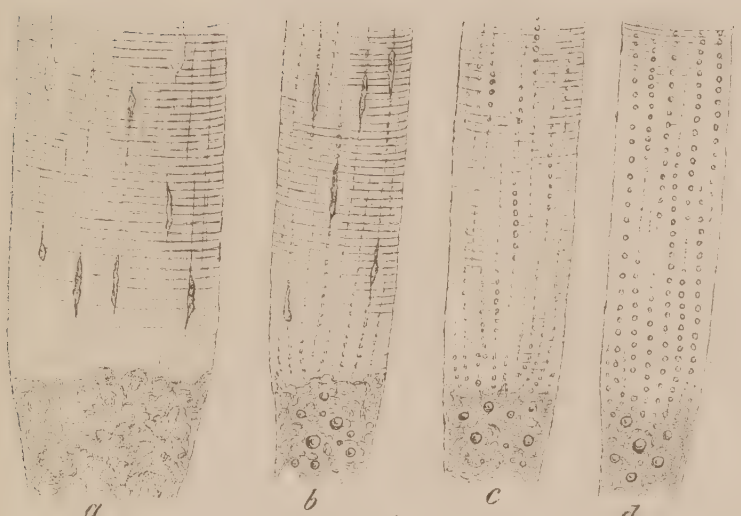
2.



3.

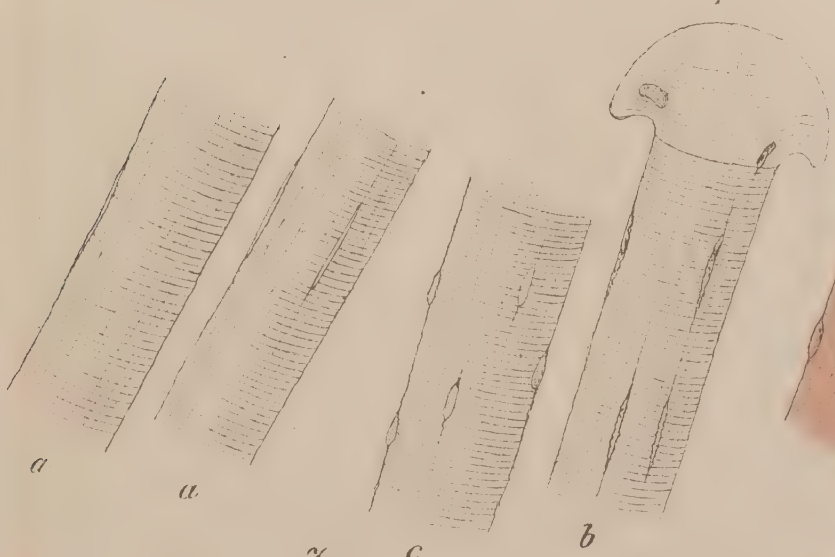


5.



4.

6.



7.

8.

9.

10.

Lith Anst v G Honig, Göttingen.

Fr. Steffan del.

Fig. 1.

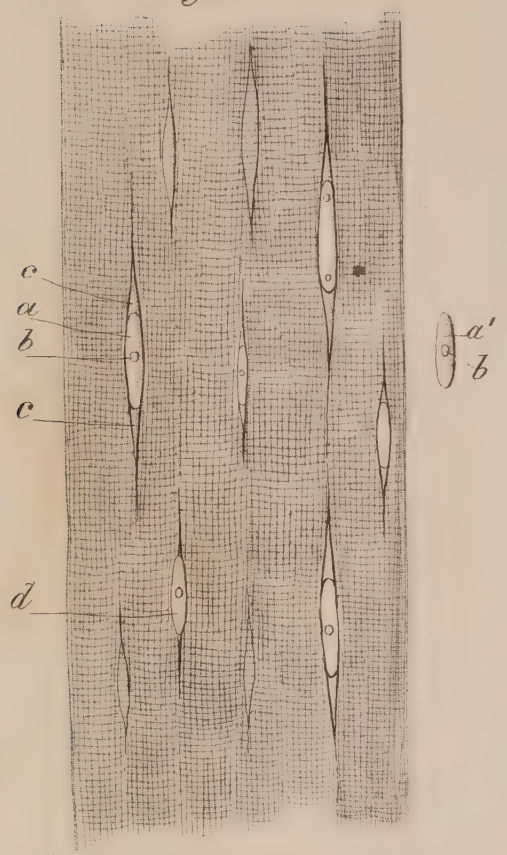
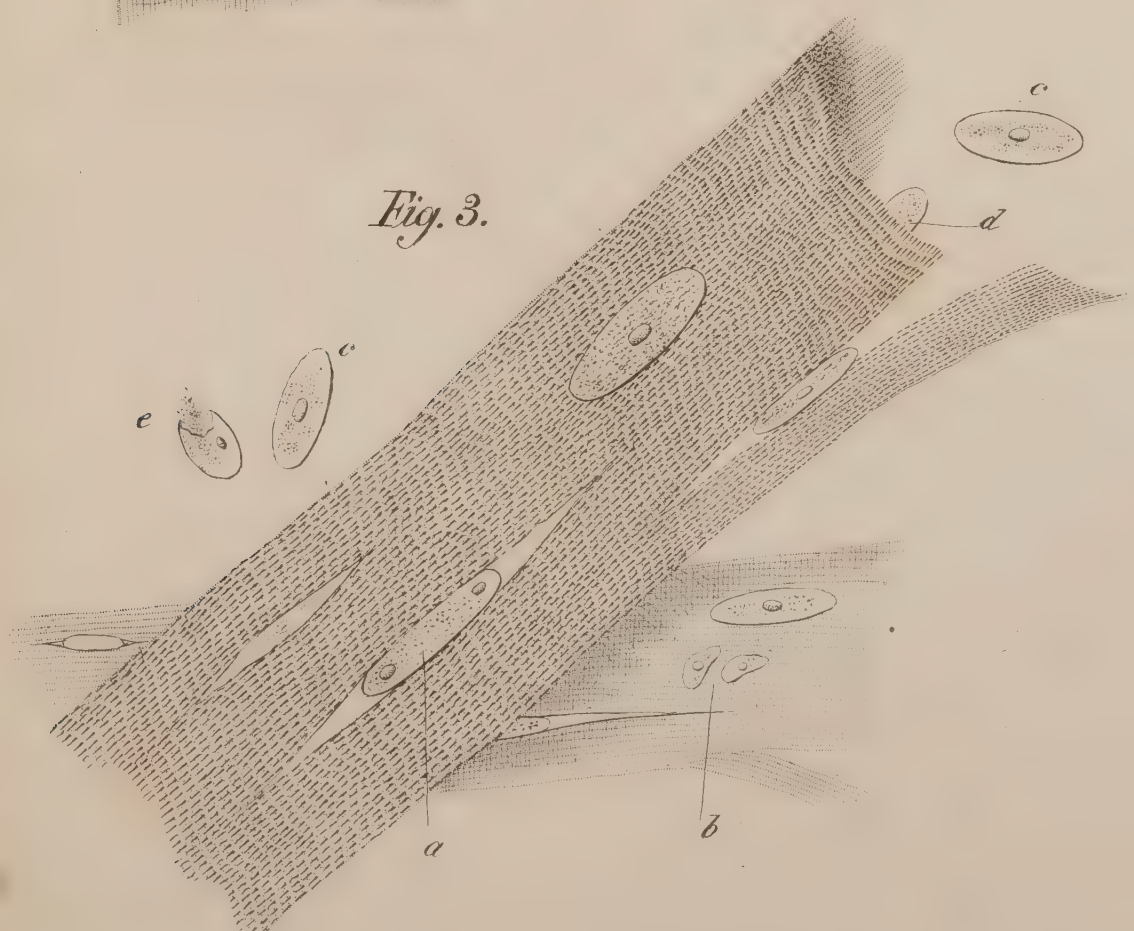


Fig. 2.

Fig. 3.



H. Welcker ad nat. del.

VI.

V.

IV.

III.

II.

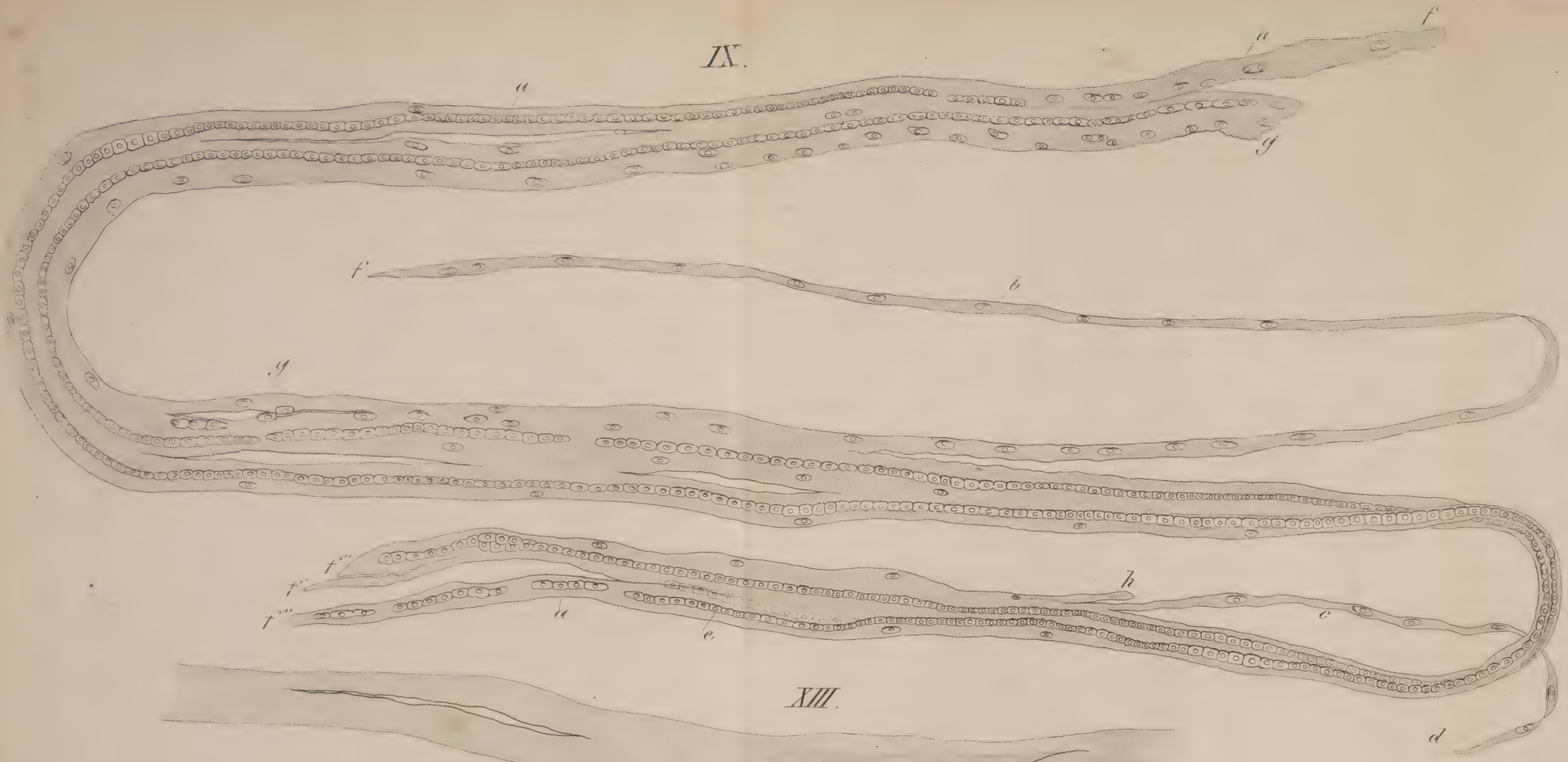
I.

VIII.

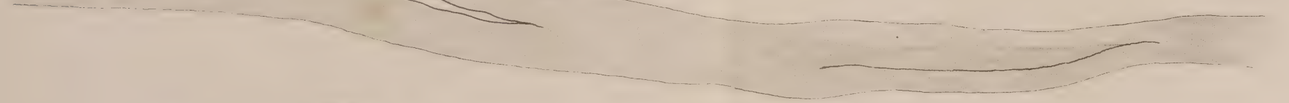
VII.

Aug. Weismann del.

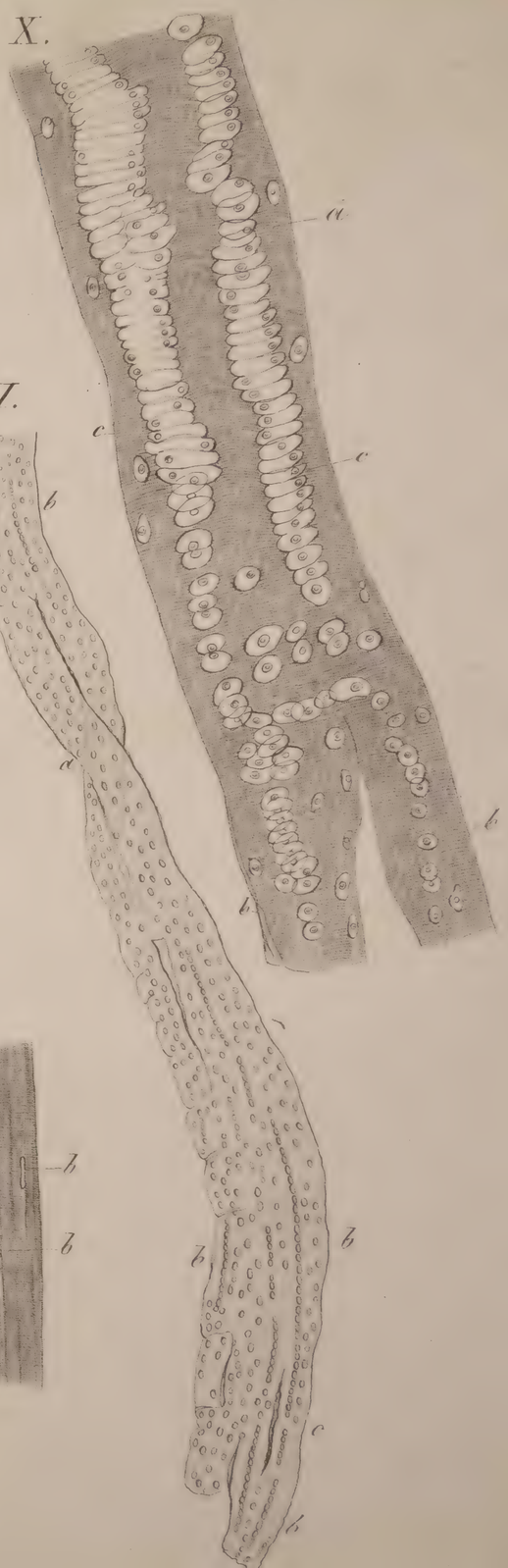
IX.



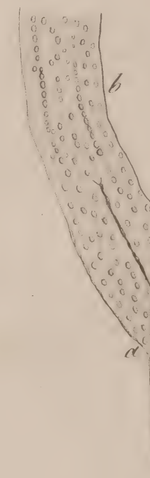
XIII.



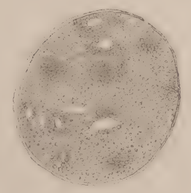
X.



XI.

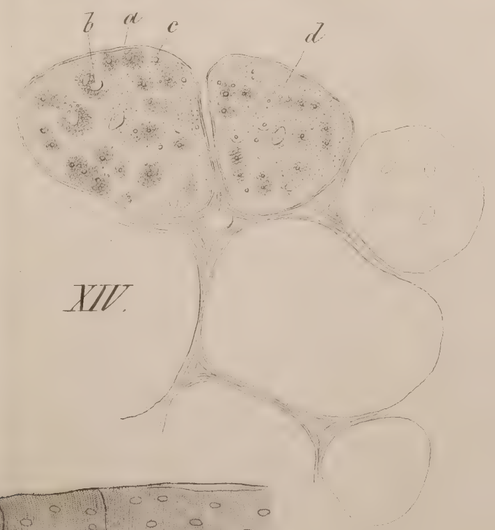


XV.



XII.

XIV.



XVIII.

XVII.

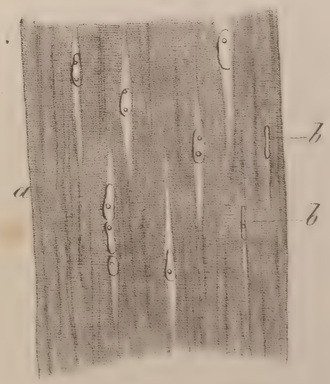


Fig.1.

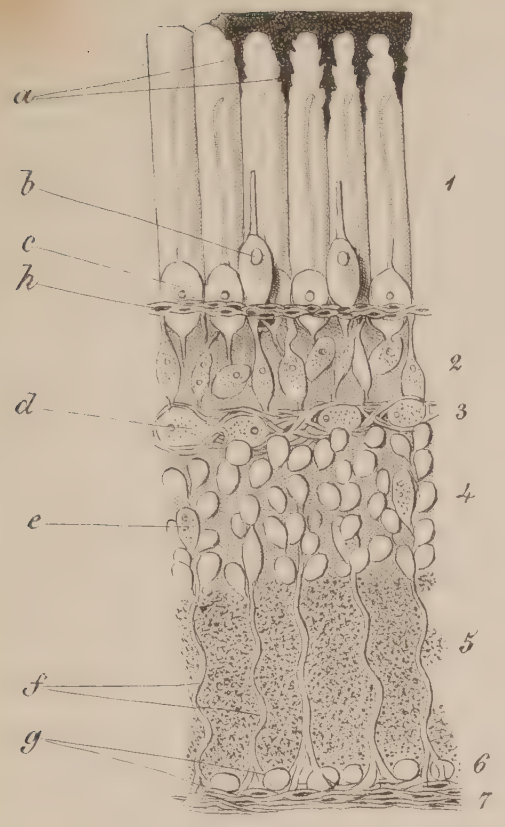


Fig.2.

Fig.3.

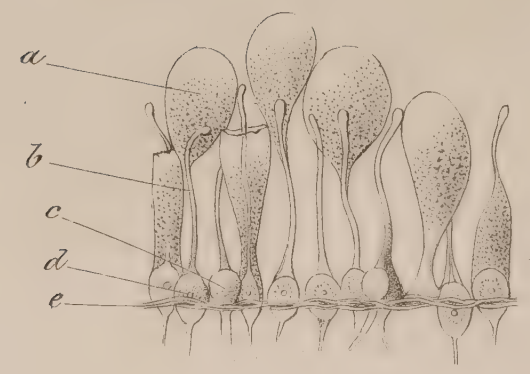


Fig.4.

Fig.5.

Fig.6.

Fig.7.

Fig.8.

Fig.9.

Fig.10.

Fig.11.

Fig.12.